

**ESTIMATIVA DA TAXA DE DECAIMENTO BACTERIANO NA
BAÍA SUL DA ILHA DE SANTA CATARINA**

Matheus Morganti Baldim

Orientador: Prof., Dr. Davide Franco

Florianópolis

2013/1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

ESTIMATIVA DA TAXA DE DECAIMENTO BACTERIANO PARA
A BAÍA SUL DA ILHA DE SANTA CATARINA


MATHEUS MORGANTI BALDIM

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte
dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental


BANCA EXAMINADORA:



Prof., Dr. Davide Franco
Orientador – UFSC



Prof., Dr. Pablo Heleno Sezerino
Membro da Banca – UFSC



Dr. Luis Hamilton Propissil Garbossa
Membro da Banca – EPAGRI

FLORIANÓPOLIS, SC
JUNHO/2013

RESUMO

As águas costeiras brasileiras são utilizadas para diversos fins e na Baía Sul da Ilha de Santa Catarina destacam-se os usos recreacionais e de cultivo de moluscos. A presença de esgoto sanitário e bactérias contaminantes nessas águas pode prejudicar estas atividades, interferindo na economia, no meio ambiente e na sociedade locais. Este estudo visa estimar o tempo de decaimento das bactérias presentes em esgotos sanitários nas águas da Baía Sul da Ilha de Santa Catarina, através do parâmetro T_{90} , o qual representa o tempo de desaparecimento de 90% de uma população inicial de bactérias presente em determinado ambiente. Para tal estimativa foi utilizado o modelo proposto por Mancini (1978) baseado na cinética do decaimento bacteriano, que leva em consideração a radiação solar incidente na superfície, a temperatura, salinidade e transparência da água e a profundidade. Para isto, foram levantados dados secundários obtidos através de pesquisa bibliográfica e, de maneira complementar, analisados dados meteorológicos, relacionando-os com os parâmetros necessários para tal estimativa. A curva da taxa de decaimento foi quantificada e, com ela, foi analisada a variação horária e de diferentes situações do parâmetro T_{90} . Os resultados mostraram significativa diferença entre os valores estimados para as estações do ano, influenciados pela radiação solar que foi maior no verão e menor no inverno. A temperatura e salinidade apresentaram diferenças significativas durante o período noturno, quando são os principais parâmetros influentes. A transparência da água e a profundidade influenciaram diretamente no T_{90} , seguindo os padrões de diferença entre verão e inverno. O vento e a precipitação, analisados no espaço de tempo de até 7 dias antecedentes às datas das medições obtidas, pouco influenciaram e não foram encontradas correlações significativas com os dados oceanográficos da baía. A estação do ano pode influenciar até 45% no T_{90} , a variação da temperatura e salinidade alterou o parâmetro de 29,5 a 45,1 horas durante a noite. Os efeitos da transparência e salinidade foram sentidos durante o dia e alteraram o T_{90} referencial em até 6,1 e 11,5 horas, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Decaimento bacteriano, T_{90} , Baía Sul.

ABSTRACT

The Brazilian coastal waters are used for various purposes and in the Santa Catarina Island South Bay highlight the recreational uses and cultivation of shellfish. The presence of sewage bacteria and contaminants in these waters can harm these activities, interfering in the economy, the environment and society. This study aims to estimate the bacteria decay time in the South Bay waters of Santa Catarina Island, through the parameter T_{90} , which represents the time of disappearance of 90% of a bacteria initial population present in the environment. The model proposed by Mancini (1978) was used for this estimate. The Model is based on the kinetics of bacterial decay, which takes into account the solar radiation incident on the surface, the temperature, salinity and water transparency and depth. For this, secondary data were collected through a literature review and, as complementary manner, analyzed meteorological data, relating them with the necessary parameters for such estimate. The curve of the decay rate was quantified and, with it, analyzed the time variation in different situations of the parameter T_{90} . The results showed significant difference between the estimated values for the seasons, influenced by solar radiation when it was higher in summer and lower in winter. The temperature and salinity showed significant differences during the night, when they were the main influential parameters. Water transparency and depth directly influenced the T_{90} , following the patterns of difference between summer and winter. The wind and precipitation, analyzed in the time up to 7 days preceding the dates of the measurements obtained, little influence and no significant correlations were found with the oceanographic data of the bay. With this, the T_{90} ranged from 1.49 hours on a summer day, and 43.50 hours on a winter night in the Santa Catarina Island South Bay.

KEYWORDS: Bacterial Decay, T_{90} , South Bay

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Baía Sul da Ilha de Santa Catarina no Estado.....	6
Figura 2 – Representação esquemática da estrutura de massas d’água na Plataforma Continental Sudeste Brasileira, nas situações de inverno e verão.	10
Figura 3 – Curva de decaimento de bactérias segundo a cinética de primeira ordem.	29
Figura 4 – Localização das estações localizadas no entorno da Baía Sul.	35
Figura 5 – Relações entre as principais unidades de energia, potência e radiação.	36
Figura 6 – Diagrama TS dos dados levantados na literatura.	41
Figura 7 – Identificação das massas d’água presentes na baía sul durante as medições de TS.	43
Figura 8 – Dispersão TS com histogramas: primavera (acima) e verão (abaixo).	44
Figura 9 – Dispersão TS com histogramas: inverno.	45
Figura 10 – Gráficos da distribuição dos valores de temperatura (acima) e salinidade (abaixo) pelas estações do ano.	47
Figura 11 – Histograma da direção do vento na Baía da Ilha de Santa Catarina.	48
Figura 12 – Intensidade média do vento para cada direção.....	49
Figura 13 – Precipitações acumuladas médias mensais	50
Figura 14 – Gráfico dos valores de temperatura e salinidade associados ao vento predominante de dois dias antecedentes ao dia de medição (cte = direção totalmente constante nos dois dias; e var = direção variou de um dia para o outro).	51
Figura 15 – Gráfico da radiação solar média horária para cada mês.....	52
Figura 16 – Gráficos de radiação solar horária durante a primavera (acima) e verão (abaixo).....	53

Figura 17 – Gráficos da radiação solar horária durante o outono (acima) e inverno (abaixo).....	54
Figura 18 – Gráfico do comportamento do T90 durante o dia para verão (C1) e inverno (2).....	61
Figura 19 – T90 médio do período com sol para o verão (C1) e inverno (C2).....	62
Figura 20 – Diferença percentual entre T90 do inverno e verão ao longo do dia.	63
Figura 21 – Diferença, em horas, entre cada cenário de massa de água e o cenário de referência.....	64
Figura 22 – T90 médio diário para cada cenário de massa de água e para o cenário de referência.	65
Figura 23 – Diferença, em horas, entre cada cenário de transparência da água e o cenário de referência.....	66
Figura 24 – T90 médio do período diurno para cada cenário de transparência da água e para C1.....	67
Figura 25 – Diferença, em horas, entre cada cenário de profundidade e o cenário de referência.	68
Figura 26 – T90 médio do período diurno dos cenários C9 e C10 e do cenário de referência (C1).....	69
Figura 27 – Curva de decaimento bacteriano no Cenário 1 para cada período do dia.	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais microrganismos presentes nos esgotos domésticos.....	13
Quadro 2 – Principais doenças relacionadas com os microrganismos presentes nos esgotos.....	15
Quadro 3 – Detalhes das informações de temperatura e salinidade levantadas.....	34
Quadro 4 – Detalhes das informações de profundidade de Secchi levantadas.....	39
Quadro 5 – Simulações e cenários testados.....	56
Quadro 6 – Valores utilizados na Simulação 1, resultando nos Cenários 1 (C1 – Cenário de Referência) e 2 (C2).....	57
Quadro 7 – Valores utilizados na Simulação 2, resultando nos Cenários 3 (C3), 4 (C4) e 5 (C5).....	59
Quadro 8 – Valores utilizados na Simulação 3, resultando nos Cenários 6 (C6), 7 (C7) e 8 (C8).....	60
Quadro 9 – Valores utilizados na Simulação 4, resultando nos Cenários 9 (C9) e 10 (C10).....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características socioeconômicas dos municípios do entorno da Baía Sul.	7
Tabela 2 – Concentração de microrganismos presentes nos esgotos domésticos brutos.....	14
Tabela 3 – Padrões microbiológicos (coliformes termotolerantes – org/100 ml) das águas salinas	16
Tabela 4 – Padrões de balneabilidade	17
Tabela 5 – Valores médios de T90 para diferentes locais estudados	22
Tabela 6 – Determinação de T90 noturno na Baía de Guanabara – RJ	23
Tabela 7 – Especificações da estação EPAGRI/CIRAM e dos dados de radiação solar obtidos.....	36
Tabela 8 – Especificações da estação EPAGRI/CIRAM e dos dados precipitação acumulada obtidos.	37
Tabela 9 – Estatísticas descritivas dos dados de temperatura (T (°C)) e salinidade (S (PSU)), com o número de dados observados (N), média (Méd), intervalo de confiança da média 95% (IC 95%), mediana (Mdn), mínimo (Mín), máximo (Máx), desvio padrão (d.p.) e erro padrão (e.p.), onde P = primavera, V = verão, O = outono e I = inverno....	46
Tabela 10 – Estatísticas descritivas dos dados de radiação solar em cal/cm ² , com o número de dados observados (N), média (Méd), mediana (Mdn), mínimo (Mín), máximo (Máx) e desvio padrão (d.p.), onde P = primavera, V = verão, O = outono e I = inverno.	55
Tabela 11 – Valores médios horários da radiação solar utilizados nas simulações.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Água Costeira
ACAS	Água Central do Atlântico Sul
ACS	Água Costeira do Sul
AP	Água de Plataforma
APP	Água da Pluma do Prata
AT	Água Tropical
CB	Corrente do Brasil
CIRAM	Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LAHIMAR	Laboratório de Hidráulica Marítima
MS	Ministério da Saúde
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCSE	Plataforma Continental Sudeste Brasileira
PSU	Unidades Práticas de Salinidade

LISTA DE SÍMBOLOS

K_b	Taxa de decaimento bacteriano (hora^{-1})
Z_s	Profundidade do disco de Secchi (m)
T_{90}	Tempo de desaparecimento de 90% da população inicial de bactérias em um ambiente (hora).
I_0	Radiação solar na superfície (cal/cm^2)
K_e	Coeficiente de atenuação vertical da luz na água (m^{-1})
H	Profundidade (m)
T	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
S	Salinidade (PSU)
v_s	Taxa de perda de bactérias e particulados (m/dia)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	OBJETIVOS	2
1.1.1	Objetivo Geral.....	2
1.1.2	Objetivos Específicos	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	A BAÍA SUL DA ILHA DE SANTA CATARINA.....	5
2.1.1	Aspectos físicos.....	5
2.1.2	Aspectos socioeconômicos	7
2.1.3	Aspectos climáticos	7
2.1.4	Circulação oceânica e massas de água	8
2.1.5	Maricultura e segurança alimentar.....	11
2.2	PRESENÇA DE ESGOTO SANITÁRIO NA ÁGUA	12
2.2.1	Esgoto Sanitário	12
2.2.2	Características biológicas do esgoto sanitário	12
2.2.3	Principais doenças relacionadas ao esgoto.....	14
2.2.4	Padrões de qualidade das águas	15
2.2.5	Balneabilidade.....	16
2.3	BACTÉRIAS INDICADORAS DE CONTAMINAÇÃO FECAL.....	18
2.3.1	Grupo coliformes	18
2.3.1.1	Coliformes totais.....	18
2.3.1.2	Coliformes termotolerantes.....	19
2.3.1.3	Escherichia coli.....	19
2.3.2	Enterococos	20
2.3.3	Indicadores adicionais	20
2.3.4	Comparação dos indicadores de contaminação fecal	21
2.4	DECAIMENTO BACTERIANO	21
2.4.1	Principais fatores influentes no decaimento bacteriano ..	23
2.4.1.1	Fatores Físicos	24
2.4.1.2	Fatores Físico-químicos.....	25
2.4.1.3	Fatores Bioquímico-biológicos.....	26
2.4.1.4	Ação conjunta de fatores.....	27
2.4.2	Cinética do decaimento bacteriano	28
2.4.3	Modelos de decaimento bacteriano	30
3	METODOLOGIA.....	33
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA BAÍA SUL	33
3.1.1.	Temperatura e Salinidade.....	33

3.1.2	Radiação Solar	35
3.1.3	Precipitação.....	36
3.1.4	Vento.....	37
3.1.5	Transparência da água.....	38
3.2	APLICAÇÃO DO MODELO	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1	TEMPERATURA E SALINIDADE DA ÁGUA.....	41
4.2	VENTO E PRECIPITAÇÃO.....	48
4.3	RADIAÇÃO SOLAR.....	52
4.4	TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA.....	55
4.5	TAXA DE DECAIMENTO BACTERIANO.....	56
4.5.1	Simulações e cenários testados	56
4.5.2	Resultados das simulações	61
4.6	ANÁLISE DO NÚMERO DE COLIFORMES AO LONGO DO DIA	69
5	CONCLUSÕES.....	71
6	RECOMENDAÇÕES.....	75
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
	ANEXO A – Localização dos pontos amostrais	83

1 INTRODUÇÃO

Atualmente grande parte das cidades brasileiras possui algum tipo de saneamento básico, seja com abastecimento de água, gerenciamento de resíduos ou sistemas de esgotamento sanitário. Porém este último encontra-se em grande defasagem em face às necessidades da população. Algumas cidades coletam e tratam o esgoto doméstico, outras simplesmente coletam e despejam na natureza e outras nem se quer realizam coleta domiciliar dos efluentes sanitários. No Brasil esse problema é agravado nas regiões litorâneas devido ao adensamento populacional, uma vez que, historicamente, as cidades brasileiras se desenvolveram muito próximas à costa marítima (ANGULO, 2002). Esse cenário fez as águas costeiras sofrerem um intenso processo de degradação devido ao lançamento de esgotos que escoam para as praias, sem qualquer tratamento, tanto por despejos diretos quanto por sistemas de drenagem pluvial.

Nos esgotos domésticos há diversos microrganismos, além de água e sólidos. Alguns microrganismos envolvidos no processo de transmissão de doenças são chamados de patogênicos e sua origem é, predominantemente, humana. Para detectá-los na água são utilizados organismos indicadores de contaminação fecal, entre eles as bactérias do *grupo coliforme*. Embora tais bactérias não sejam agentes patogênicos, dão uma satisfatória indicação de quando uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais. Isto devido à grande quantidade de coliformes presentes e por apresentarem resistência ligeiramente superior à maioria das outras bactérias intestinais (VON SPERLING, 2005).

Nas águas da Baía Sul da Ilha de Santa Catarina, a presença de bactérias fecais oriundas do esgoto sanitário, pode afetar diretamente as atividades desenvolvidas em seu entorno. A baía sul é utilizada tanto por produtores locais cultivadores de ostras e pescadores, quanto por banhistas e turistas para fins recreacionais. Todas essas atividades são de grande importância para a economia do município. Por outro lado, a baía recebe diretamente os efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos Insular, além da descarga de esgotos escoando junto com os rios que deságuam na baía sul e dos próprios sistemas de drenagem pluvial. Esse quadro composto por desenvolvimento de atividades e presença de bactérias na água faz com que seja importante conhecer a dinâmica das bactérias descarregadas nas águas da baía sul.

O cultivo de moluscos, atividade de grande importância social e econômica para o município, requer atenção especial quanto à qualidade

sanitária das águas de cultivo. Os moluscos, por serem animais que obtêm seu alimento através da filtração da água, são capazes de bioacumular uma série de substâncias e agentes potencialmente nocivos, entre eles toxinas produzidas por microalgas, metais pesados, bactérias e vírus (SOUZA *et al*, 2009).

Diversos estudos de modelagem vêm sendo realizados a fim de se conhecer o comportamento das águas da baía. O tempo de vida de bactérias é determinado utilizando-se a taxa de decaimento. Para cada localidade há uma taxa de decaimento diferente, pois as condições de sobrevivência dos microrganismos na água são determinadas, além das particularidades de cada grupo, por fatores externos ligados ao ambiente e ao meio onde vivem. Portanto é importante saber especificamente quanto tempo vive uma bactéria patogênica nas águas da baía sul de Florianópolis. Como se comporta uma população de bactérias ao longo do dia? E ao longo do ano, sob diferentes condições ambientais?

O presente trabalho, desenvolvido no Laboratório de Hidráulica Marítima da Universidade Federal de Santa Catarina (LAHIMAR), tem como objetivo estimar a taxa de decaimento bacteriano para a baía sul de Florianópolis. Para isso serão utilizados modelos onde serão testados diversos valores extremos dos parâmetros influentes no decaimento e será levado em consideração a variação das épocas do ano e das horas do dia, além de variantes oceanográficas. Sendo assim, o estudo do decaimento das bactérias indicadoras de contaminação fecal, descarregadas na baía sul, é de enorme importância para que seja possível fazer uma correta avaliação da presença e permanência de agentes patogênicos nessas águas, beneficiando toda população da grande Florianópolis, especialmente os que vivem no entorno da baía sul, os cultivadores de ostras e os turistas e banhistas, que estão diretamente ligados à presença de bactérias nas águas da região.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Estimar a taxa de decaimento bacteriano para a Baía Sul de Florianópolis - SC.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Relacionar os principais fatores intervenientes no decaimento bacteriano;

- Caracterizar a baía sul de Florianópolis em relação aos fatores que interferem no decaimento bacteriano;
- Quantificar a curva da taxa de decaimento bacteriano para a baía sul de Florianópolis;
- Avaliar as variações da taxa de decaimento bacteriano de acordo com a hora do dia e época do ano;
- Analisar a influência da salinidade e da temperatura na variação da taxa de decaimento bacteriano.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A BAÍA SUL DA ILHA DE SANTA CATARINA

2.1.1 Aspectos físicos

O Estado de Santa Catarina possui cerca de 561 km de linha de costa. Sua zona costeira é constituída por 13 municípios, distribuídos em sete bacias hidrográficas. A Ilha de Santa Catarina situa-se entre as latitudes 27°22'S e 27°50'S. Possui uma área de aproximadamente 410 km², onde se localiza a maior parte da cidade de Florianópolis, capital do Estado.

A ilha separa-se do continente por um estreito canal de 21 metros de profundidade máxima, e de cerca de 550 metros de largura, cujos prolongamentos dão forma a duas baías denominadas Baía Norte e Sul.

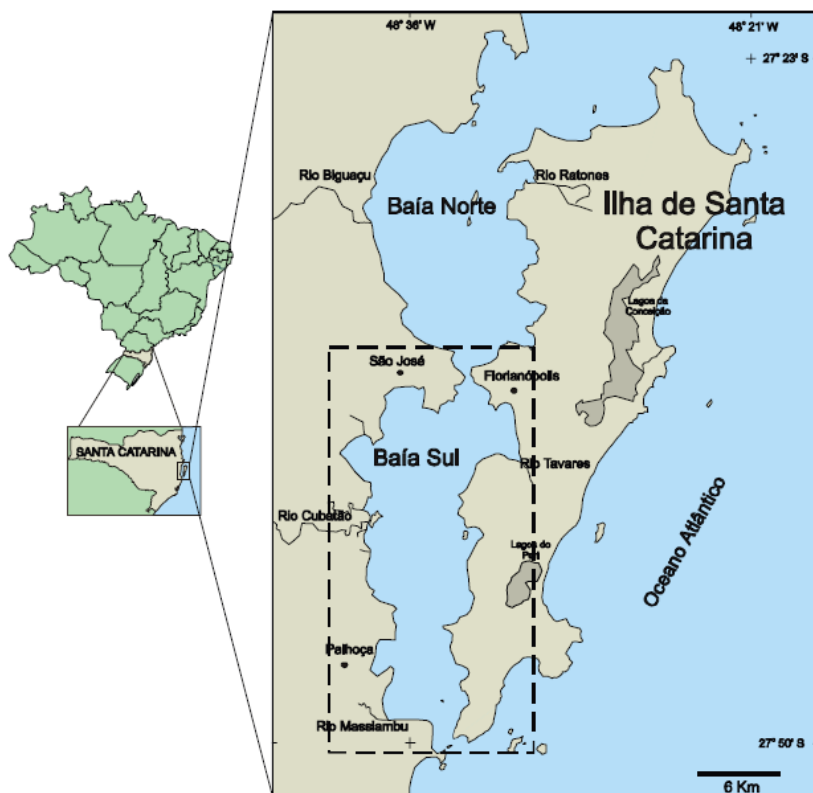
A Baía Sul (Figura 1) é circundada por três municípios que estão entre os mais populosos do Estado de Santa Catarina: Florianópolis, São José e Palhoça e constitui um importante aspecto costeiro do litoral do Estado.

Segundo SILVA (2002), possui cerca de 25 km de comprimento médio (máxima de 27 km) e 6,8 km de largura média (máxima de 10,8 km e mínima de 3 km). Com uma área total de aproximadamente 125 km², engloba no seu entorno cerca de 100 km de linha de costa. Sua comunicação com mar aberto é feita pelo canal sul que possui cerca de 830 metros de largura e 30 metros de profundidade. A partir deste canal a baía se alarga, apresentando contornos irregulares, caracterizando a presença de várias enseadas. É um sistema relativamente raso. SILVA (2002) descreve que no setor Norte da Baía Sul, foram observadas áreas rasas no entorno do estrangulamento que divide as baías norte e sul, que variam de 2,4 à 8,6 metros. No setor Sul os valores de profundidade variam de 3,1 à 9,5 metros. As máximas profundidades foram encontradas próximo ao estrangulamento da Ilha de Santa Catarina com o continente, onde as profundidades ficaram em torno de 10 metros. O interior da baía apresenta um fundo relativamente plano com as bordas extremamente rasas e os maiores valores de profundidade na parte central com 5 metros em média (SILVA, 2002).

Na área da Baía Sul encontram-se manguezais, uma reserva extrativista marinha, enseadas e um grande número de ilhas e praias. É utilizada em atividades de lazer, turismo, pesca, criação e comercialização de moluscos, ou seja, como fonte de alimento e de

geração de renda para uma parcela significativa da população local (MORELLI et al., 2005 *apud* MIOTTO, 2009).

Figura 1 – Localização da Baía Sul da Ilha de Santa Catarina no Estado.



Fonte: SILVA (2002).

Segundo SCHETTINI *et al* (2000) a Baía Sul recebe o aporte de inúmeros rios. O maior deles é o Rio Cubatão do Sul, cuja bacia hidrográfica, com cerca de 900 km², é a que possui a maior densidade de drenagem (1,38 km/km²), compreendendo 1.248 km de cursos de água. Este sistema de drenagem possui grande influência, direta ou indiretamente, na distribuição dos parâmetros físico-químicos e sedimentológicos na porção Norte desta baía (SILVA, 2002).

Além do Rio Cubatão do Sul, existem outros pequenos contribuintes de água doce para a porção Oeste da Baía Sul, como os rios Maruim, Grande, Aririú, Pacheco e Massiambú. Na porção Leste ocorrem os rios Ribeirão, dos Defuntos e Tavares, além do despejo dos efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Insular de Florianópolis.

2.1.2 Aspectos socioeconômicos

A Baía Sul da Ilha de Santa Catarina é cercada por municípios que estão entre os mais populosos e mais importantes economicamente do Estado. A Tabela 1 apresenta dados socioeconômicos destes municípios.

Tabela 1 – Características socioeconômicas dos municípios do entorno da Baía Sul.

Município	Área (km ²)	População (hab)	Densidade Demográfica (hab/km ²)	PIB (R\$)	PIB <i>per capita</i> (R\$)
Florianópolis	675,4	421.240	627	9.806.534 mil	23.282
São José	152,4	209.804	1.388	4.784.758 mil	22.729
Palhoça	395,1	137.334	348	2.018.747 mil	14.714

Fonte: IBGE (2010).

2.1.3 Aspectos climáticos

A Ilha de Santa Catarina, situada em médias latitudes, apresenta características climáticas controladas pela atuação das massas Polar marítima (Pa) e Tropical marítima (Ta) do Atlântico. De acordo com os critérios de classificação de STRAHLER seu clima é do subtipo subtropical úmido. Segundo NIMER (1989) está inserida na região de clima temperado de categoria subquente, com temperatura média oscilando entre 18 e 15,0 °C no inverno e entre 26 e 24,0 °C no verão. A temperatura média anual é de 20,40 °C.

O encontro da massa Tropical (Ta) e Polar (Pa) dá origem à frente fria polar, que no seu deslocamento ocasiona grandes mudanças no tempo atmosférico em qualquer estação do ano. No inverno, a

passagem da frente fria é sucedida por ondas de frio das massas polares, que baixam consideravelmente as temperaturas.

A frente polar controla também o ritmo de precipitação, visto que as chuvas são em geral pré-frontais, frontais e pós-frontais. As chuvas são menos abundantes nos meses de inverno, normalmente leves e contínuas, e mais abundantes no verão, em geral rápidas e torrenciais (MONTEIRO, 1992 *apud* MENDONÇA, 1995). As chuvas abundantes do verão estão associadas ao grande aquecimento do continente, cujas temperaturas médias máximas, junto ao litoral são alcançadas em fevereiro, devido ao atraso do aquecimento das águas em relação ao solstício de verão (21 de dezembro), quando os raios solares tornam-se perpendiculares ao Trópico de Capricórnio emitindo maior radiação para o Hemisfério Sul.

As estações primavera e outono, não apresentam um quadro climático definido, sendo caracterizadas pelas tendências médias do inverno e verão, respectivamente.

A ocorrência de ventos proveniente do sul durante a passagem de sistemas frontais ocasiona o empilhamento de águas junto à costa pelo transporte de Ekman. Segundo TRUCCOLO (1998), efeitos meteorológicos podem causar expressivas sobre-elevações no nível do mar em relação às marés astronômicas na região costeira catarinense, podendo estas serem superiores a 1 m em condições extremas. Por outro lado, ventos vindos do quadrante nordeste promovem o transporte de águas costeiras para o oceano aberto.

2.1.4 Circulação oceânica e massas de água

A Baía da Ilha de Santa Catarina está inserida na Plataforma Continental Sudeste Brasileira (PCSE), que tem limites ao norte pelo Cabo Frio (23°S), ao sul pelo Cabo de Santa Marta Grande (28°40'S), a oeste pela linha de costa e a leste pela quebra da plataforma localizada em profundidades variando entre 120 e 180 metros e entre 100 a 220 quilômetros, no Cabo Santa Marta e na Baía da Babitonga, respectivamente (CASTRO FILHO & MIRANDA, 1998). A Plataforma Sudeste Brasileira é côncava com a batimetria seguindo a direção geral nordeste-sudoeste, no litoral de Santa Catarina assume a direção norte-sul (CARVALHO *et al*, 1998).

As massas d'água são caracterizadas por valores diferentes de temperatura e salinidade. EMILSON (1961) classificou as massas d'água que ocorrem na Plataforma Continental Sudeste Brasileira, como

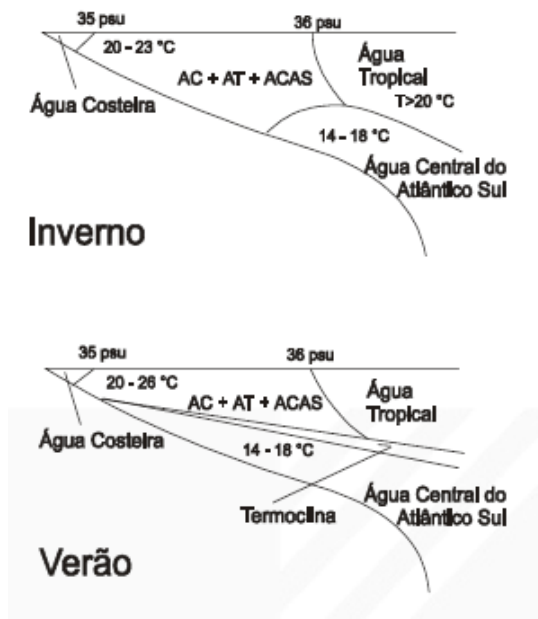
Água Tropical (AT), Água Costeira (AC), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água de Plataforma (AP).

A AT é originada pela advecção da Corrente do Brasil (CB), sendo caracterizada em termos termohalinos por temperatura superior à 20°C e uma salinidade superior à 36,4 PSU, apresentando maior influência nas camadas superficiais. A ACAS é caracterizada por apresentar temperatura inferior à 20°C e salinidade inferior à 36,4 e superior à 34,5 PSU (aproximadamente 35 PSU). A ACAS usualmente ocupa os estratos inferiores, e a sua presença ocasiona uma termoclina (região do perfil vertical de temperatura, próximo à superfície, onde há grande variação da temperatura das águas do mar) acentuada na plataforma continental (MIRANDA, 1982 *apud* HILLE *et al*, 2008). A AC é formada pela diluição de águas provenientes da drenagem continental em massas de água de plataforma e oceânicas. A extensão desta massa de água sobre a plataforma é controlada principalmente pela vazão do Rio da Prata e da Lagoa dos Patos, com máximo fluxo durante inverno-primavera (LENTINI, 1997 *apud* PEREIRA *et al*, 2009) A temperatura oscila entre 20°C e 28°C e a salinidade se mantém entre 34 e 35 PSU. A AP resulta da mistura entre AC, AT e ACAS (SILVA *et al*, 2004 e SILVA *et al*, 2005 *apud* HILLE *et al*, 2008).

CASTRO-FILHO *et al* (1987) e SILVA *et al* (2001) (*apud* OLIVEIRA & MARQUES, 2007) também identificaram na Plataforma Continental Sudeste Brasileira a massa de Águas Costeiras do Sul (ACS: $T < 22^{\circ}\text{C}$, $S < 34$ PSU), caracteristicamente mais fria devido às latitudes em que é encontrada, principalmente nos meses de inverno, sendo seu aparecimento em latitudes menores relacionado com a chegada de frentes frias atmosféricas de áreas do sul.

Baseado em 10 cruzeiros oceanográficos realizados entre 1975 e 1981, MATSUURA (1986) *apud* VASCONCELOS (2011) apresentou um modelo da estrutura oceanográfica de massas d'água para a PCSE (Figura 2).

Figura 2 – Representação esquemática da estrutura de massas d'água na Plataforma Continental Sudeste Brasileira, nas situações de inverno e verão.



Fonte: MATSUURA (1986) *apud* VASCONCELOS (2011).

Distintamente da AC formada localmente, é observada na região a influência continental indireta através da presença de águas frias e de baixa salinidade originadas pela diluição das águas da Corrente das Malvinas com águas do Rio da Prata e Lagoa dos Patos (PIOLA *et al*, 2005). A presença desta massa de água, denominada Água da Pluma do Prata, APP, é observada principalmente durante o inverno. A entrada de grande quantidade de água doce proveniente do Rio da Prata exerce um forte impacto sobre toda a dinâmica da plataforma. Ela cria um gradiente lateral de salinidade que induz um fluxo residual para o norte (PIOLA *et al*, 2000). Durante os meses de inverno a pluma do Rio da Prata pode chegar ao norte do Cabo de Santa Marta (28° Sul), baixando os níveis de salinidade na região neste período do ano. Já durante o verão, a pluma só atinge até a latitude de 32° Sul. Esta variação sazonal se dá também provavelmente pela influência do vento, pois no verão os ventos de norte favorecem a

ressurgência e forçam a pluma a ir para o sul. Já no inverno os ventos de sul dispersam a pluma para o norte (MÖLLER JR. *et al*, in press *apud* HILLE *et al*, 2008).

HILLE *et al* (2008), investigando a estrutura termohalina no litoral de Santa Catarina nos anos de 2005 e 2006, constataram uma forte influência do rio Itajaí-açu, baixando os níveis de salinidade no litoral norte do Estado, sendo carregada pelas águas quentes da CB em direção ao sul, podendo atingir a Baía da Ilha de Santa Catarina, especialmente a baía norte. Os autores observaram que a presença da APP é um fenômeno que influencia toda a área de estudo, a partir do final do outono.

CARVALHO *et al* (1998) resume dois padrões de massas d'água no litoral centro norte catarinense. Na situação de primavera-verão: coluna d'água em duas camadas com a presença de uma termoclina bastante acentuada. Os ventos do quadrante norte provocam a ressurgência costeira da ACAS. Já os ventos de sul provocam a subsidência de águas junto a costa com afundamento da termoclina. Na situação de outono-inverno: coluna d'água homogênea causada tanto pela subsidência costeira, devido ao aumento da magnitude e persistência dos ventos de sul, como pela advecção de águas de origem subantártica influenciada pelo aporte continental do Rio da Prata e Lagoa dos Patos.

2.1.5 Maricultura e segurança alimentar

Santa Catarina destaca-se como o maior produtor brasileiro de ostras e mexilhões cultivados, sendo responsável por mais de 90% da produção nacional (SANTOS *et al*, 2012). Dentre os municípios catarinenses, Florianópolis apresenta-se como o maior produtor de ostras cultivadas do Estado e, por conseguinte, do Brasil, responsável por uma produção de 1.747 toneladas em 2011 (SANTOS *et al*, 2012), enquanto Palhoça foi o município responsável pela maior produção de mexilhões no Brasil em 2011 (9.700 toneladas).

Considerando que os maiores produtores de moluscos do Brasil são municípios que fazem parte da Grande Florianópolis e localizam-se nas Baías Norte e Sul, equivale dizer que essas baías são responsáveis por aproximadamente 85% da produção estadual de moluscos. A comunidade do Ribeirão da Ilha, no município de Florianópolis e que localiza-se na Baía Sul, destaca-se como a maior produtora de ostra com 1.411 toneladas, representando 61,75% da produção estadual (SANTOS *et al*, 2012).

Essa considerável produção é comercializada para diversas regiões do Brasil e para assegurar sua qualidade e garantir a expansão da atividade é indispensável um controle sanitário eficiente, incluindo monitoramento constante das águas de cultivo e dos moluscos cultivados, principalmente devido à característica filtradora dos animais, os quais se alimentam através de filtração branquial da água do mar, de onde retiram seu alimento.

Devido a esse processo de alimentação, alguns animais como a ostra, por exemplo, podem concentrar em até quatro vezes mais a quantidade de coliformes fecais presentes na água ao seu redor. (MIOTTO, 2009). Além disso, algumas bactérias absorvidas pelos moluscos podem causar doenças em seres humanos que consumirem indivíduos contaminados. A principal doença relacionada ao consumo de alimentos de origem marinha é a infecção do trato digestório causada por bactérias do gênero *Vibrio*, as quais podem ocorrer naturalmente no ambiente marinho, costeiro e estuarino; podem estar presente devido a contaminação fecal; ou contaminar os alimentos durante o processamento (RAMOS, 2012).

2.2 PRESENÇA DE ESGOTO SANITÁRIO NA ÁGUA

2.2.1 Esgoto Sanitário

VON SPERLING (2005) define esgoto doméstico como a descarga líquida proveniente das residências ou instituições, originária dos processos usuais da vida, não resultante de atividades comerciais, industriais ou agrícolas. Sendo assim, para esse autor, o tratamento desse esgoto doméstico deve ser realizado pelo poder público, e há várias maneiras de ser tratado esse esgoto doméstico.

Já para NUVOLARI (2003), o esgoto sanitário é constituído de águas servidas, coletadas nas áreas residenciais, comerciais e institucionais, de uma determinada cidade, que podem, ou não, receber efluentes industriais.

2.2.2 Características biológicas do esgoto sanitário

As características dos esgotos estão ligadas a maneira em que a água foi submetida, ou seja, essas características variam de acordo com a forma que a água foi utilizada. Sendo assim, esses usos variam conforme o clima, situação econômica e social, e hábitos da população. Segundo VON SPERLING (2005), a água constitui aproximadamente

99,9% dos esgotos domésticos. A fração restante é formada por sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, além de microrganismos. Por causa dessa fração de 0,1%, é que se deve realizar o tratamento dos esgotos. Os principais microrganismos presentes nos esgotos domésticos são apresentados em relação às suas características na Quadro 1 e em relação às concentrações na Tabela 2.

Quadro 1 – Principais microrganismos presentes nos esgotos domésticos

Microrganismo	Descrição
Bactérias	Organismos protistas unicelulares Apresentam-se em várias formas e tamanhos São os principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica
Fungos	Organismos aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos, heterotróficos Também de grande importância na decomposição da MO Podem crescer em condição de baixo pH
Protozoários	Organismos unicelulares sem parede celular Maioria aeróbia facultativa Alimentam-se de bactérias, algas e outros microrganismos São essenciais para o tratamento biológico na manutenção de um equilíbrio entre diversos grupos Alguns são patogênicos
Vírus	Organismos parasitas, formados pela associação de material genético e uma carapaça proteica Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou esgoto
Helmintos	Animais superiores Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças

Fonte: VON SPERLING, 2005.

Tabela 2 – Concentração de microrganismos presentes nos esgotos domésticos brutos

Microrganismo	Carga <i>per capita</i> (org/hab.d)	Concentração (org/100 ml)
Bactérias totais	$10^{12} - 10^{13}$	$10^9 - 10^{10}$
Coliformes totais	$10^9 - 10^{12}$	$10^6 - 10^9$
Coliformes fecais	$10^8 - 10^{11}$	$10^5 - 10^8$
Estreptococos fecais	$10^8 - 10^9$	$10^5 - 10^6$
Cistos de protozoários	$<10^6$	$<10^3$
Ovos de helmintos	$<10^6$	$<10^3$
Vírus	$10^5 - 10^7$	$10^2 - 10^4$

Fonte: VON SPERLING, 2005.

2.2.3 Principais doenças relacionadas ao esgoto

Alguns microrganismos encontrados nos esgotos podem ser patogênicos e capazes de causar doença no homem e nos animais. Dentre os grupos de organismos de interesse do ponto de vista de saúde pública, com associação com a água ou com as fezes, os principais são:

- bactérias
- vírus
- protozoários
- helmintos

Protozoários e helmintos possuem dose infectiva baixa. Dose infectiva é a dose requerida para causar infecção em 50% de adultos sãos. Desta forma, uma dose infectiva baixa quer dizer que em uma pequena quantidade de água ingerida, há grande probabilidade de se contrair doença. Vírus possuem dose infectiva baixa a moderada enquanto as bactérias possuem dose infectiva moderada a alta. (VON SPERLING, 2005) O Quadro 2 apresenta as principais doenças relacionadas com os microrganismos presentes nos esgotos.

Quadro 2 – Principais doenças relacionadas com os microrganismos presentes nos esgotos

Organismo	Doenças
Bactérias	Disenteria bacilar; Enterite; Cólera; Gastroenterite; Leptospirose; Febre paratifóide; Salmonella; Febre tifóide
Vírus	Hepatite infecciosa; Doenças respiratórias; Gastroenterite; Meningite; Poliomelite.
Protozoários	Disenteria amebiana; Giardíase; Criptosporidiose; Balantidíase.
Helmintos	Ascaridíase; Tricuríase

Fonte: VON SPERLING, 2005

2.2.4 Padrões de qualidade das águas

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, de 17 de março de 2005, as águas salinas são aquelas que possuem salinidade igual ou superior aos 30‰, e as águas salobras uma salinidade acima de 0,5‰ e abaixo de 30‰.

Para essa mesma resolução, as águas salinas são classificadas da seguinte maneira:

- Classe Especial – destinada à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- Classe 1 – águas destinadas a recreação de contato primário, proteção de comunidades aquáticas, e a aquicultura e atividade de pesca;
- Classe 2 - águas destinadas a pesca amadora e a recreação de contato secundário;
- Classe 3 – destina a navegação e harmonia paisagística.

Essa classificação deve ser realizada segundo o órgão ambiental responsável. Na ausência dessa classificação, a resolução diz que os padrões de qualidade para o lançamento de esgoto devem ser seguidos como se fosse uma água marinha de Classe 1. No caso de Santa Catarina, as águas marinhas não possuem ainda uma classificação, sendo assim, todos os padrões de qualidade de água a serem seguidos devem considerar uma água marinha de Classe 1.

A referida resolução determina, ainda, tanto os padrões de lançamento de efluentes quanto os padrões microbiológicos para as diferentes classes de águas salinas. Os padrões microbiológicos observados em número de coliformes termotolerantes são mostrados na Tabela 3. Observa-se uma maior restrição para águas destinadas ao cultivo de moluscos.

Tabela 3 – Padrões microbiológicos (coliformes termotolerantes – org/100 ml) das águas salinas

CLASSES	Recreação de contato primário	Cultivo de moluscos bivalves	Recreação de contato secundário	Demais usos
Classe 1	< 1000 em 80% < 2500 em 90% 5 amostras semanais	Média < 43 em 80% e < 88 em 90% 15 amostras (5x/ano)	< 200 (salobra)	< 1000 em 80% 6 amostras/ano
Classe 2			<2500 em 80% 6 amostras/ano	< 2500 em 80% 6 amostras/ano
Classe 3				< 4000 em 80% 6 amostras/ano

Fonte: CONAMA Nº 357 (2005).

2.2.5 Balneabilidade

A balneabilidade é a qualidade das águas destinadas ao contato primário. Sobre a balneabilidade das águas, a resolução do CONAMA nº 274 de 2000, define que as águas doces, salobras, ou salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário), terão suas

condições avaliadas nas categorias próprias e impróprias, sendo que as águas próprias são quando:

- Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;
- Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;
- Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros;
- Imprópria: quando em 20% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, superar 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros; ou ainda quando o valor obtido na última amostragem for superior a 2.500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2.000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros.

A Tabela 4 apresenta os padrões necessários às águas destinadas a recreação de contato primário (balneabilidade).

Tabela 4 – Padrões de balneabilidade

Categoria		Coliformes fecais	<i>Escherichia coli</i>	Enterococos	Amostras
		(NMP/100 mL)			
Própria	Excelente	< 250	< 200	< 25	80%
	Muito boa	< 500	< 400	< 50	80%
	Satisfatório	< 1000	< 800	< 100	80%
Imprópria		> 1000	> 800	> 400	> 20%
		> 2500	> 2000	> 400	Amostra única

Fonte: CONAMA N° 274 (2000).

2.3 BACTÉRIAS INDICADORAS DE CONTAMINAÇÃO FECAL

A detecção dos agentes patogênicos em uma amostra de água, ou mesmo em moluscos, é extremamente difícil, em razão das suas baixas concentrações, o que demandaria o exame de grandes volumes da amostra para que fossem detectados os poucos seres patogênicos (VON SPERLING, 2005). Esse obstáculo é superado através do estudo de organismos indicadores de contaminação fecal. Tais organismos são predominantemente não patogênicos, mas indicam a contaminação da água por fezes humanas ou de animais e, por conseguinte, da sua potencialidade para transmitir doenças (VON SPERLING, 2005).

2.3.1 Grupo coliformes

Segundo VON SPERLING (2005) bactérias do grupo coliformes são os organismos mais comumente utilizados como indicadores de contaminação fecal, em função das seguintes razões:

- Grande quantidade nas fezes humanas e grande probabilidade de que sejam detectados após o lançamento.
- Resistência ligeiramente maior em relação à maioria das bactérias patogênicas intestinais.
- Mesmos mecanismos de remoção em corpos d'água, estações de tratamento de água e estações de tratamento de esgotos em relação às bactérias patogênicas.
- Técnicas de detecção rápidas e econômicas.

2.3.1.1 Coliformes totais

O grupo dos coliformes totais reúne um grande número de bactérias. Segundo definição da Portaria/MS nº 518/2004, os coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies de bactérias também pertençam ao grupo.

A identificação de bactérias do grupo dos coliformes totais em amostras de água, solo ou vegetais não caracteriza uma contaminação fecal dessas amostras, pois diversos microrganismos fazem parte desse grupo e não têm origem exclusivamente fecal. Em 2000 a resolução CONAMA, nº 274 de 29/11/2000 passou a suprimir coliformes totais como indicadores de contaminação na avaliação das condições de balneabilidade.

2.3.1.2 Coliformes Termotolerantes (fecais)

Segundo a Portaria/MS nº 518/2004 coliformes termotolerantes são um subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal.

Complementarmente, a Resolução CONAMA 357/2005, embora determine padrões de qualidade relacionados a este subgrupo dos coliformes, expõe que além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, os coliformes termotolerantes podem ocorrer em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal, principalmente os gêneros *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*.

2.3.1.3 *Escherichia coli*

A Portaria/MS nº 518/2004 define *Escherichia coli* como sendo bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas, não hidrolisa a ureia e apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucoronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos.

Segundo VON SPERLING (2005) a *E. coli* é a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal. Além disto, cerca de 95% dos coliformes existentes nas fezes humanas e de outros animais são *E. coli*. (LANDGRAF, 2005). Por estas razões, há uma tendência atual em se utilizar predominantemente esse microrganismo como indicador de contaminação fecal. No entanto, ressalta-se que a detecção *E. coli* não dá garantia de que a contaminação seja humana, já que pode ser encontrada também em fezes de outros animais (VON SPERLING, 2005).

2.3.2 Enterococos

Os enterococos são bactérias do grupo estreptococos fecais e pertencem ao gênero *Enterococcus*. São importantes como indicadores de contaminação fecal devido, principalmente, à alta tolerância de sobrevivência em condições adversas de crescimento, como a capacidade de sobreviverem na presença de 6,5% cloreto de sódio (halotolerantes), em pH 9,6 e em ampla faixa de temperatura, de 10°C a 45°C (CONAMA nº274, 2000). A maioria das espécies de enterococos são de origem fecal humana, embora possam ser encontradas em fezes de animais. Ainda assim, sua presença no ambiente indica inadequação de práticas sanitárias (LANDGRAF, 2005).

Em águas salgadas, é recomendado o uso de enterococos como indicador de contaminação fecal. RIBEIRO (2002) elege essas bactérias como indicadores para classificação de águas salinas, uma vez que apresenta amplo tempo de sobrevivência e maior resistência quando comparado com *E.coli* e coliformes termotolerantes. Em sua tese o autor encontrou uma maior sensibilidade de detecção de contaminação fecal para o enterococos avaliando indicadores microbianos de balneabilidade.

2.3.3 Indicadores adicionais

Embora os indicadores citados anteriormente sejam os mais utilizados pela comunidade científica para detectar a presença de agentes patogênicos nas águas, outros indicadores podem ser utilizados adicionalmente aos organismos referidos. Como exemplo, citam-se as leveduras, os bacteriófagos e ovos de helmintos.

As leveduras são microrganismos que se encontram largamente na natureza, inclusive em águas estuarinas e marinhas. Esses microrganismos apresentam elevada capacidade de sobrevivência em águas marinhas e sua concentração no ambiente é proporcional ao grau de poluição do corpo d'água. A contagem desses indivíduos tem sido sugerida como complemento na contagem de coliformes (DE OLIVEIRA, 1990).

Já a detecção de bacteriófagos, microrganismos que atacam bactérias, é importante quando se deseja investigar a presença de vírus entéricos na água (LANDGRAF, 2005).

Ovos de helmintos encontrados com grande frequência nos esgotos são também considerados indicadores de contaminação devido ao fato de apenas um organismo causar infecção ao ser humano. O

tempo de sobrevivência destes ovos no ambiente depende da umidade, luz do sol e outros fatores ambientais. A oportunidade de infecção por helmintos é universal devido à grande disseminação destes agentes e a facilidade de sua transmissão que se dá através da ingestão da água contaminada com ovos e cistos (VON SPERLING, 2005).

2.3.4 Comparações entre os indicadores de contaminação fecal

Em estudo para determinar o melhor indicador de poluição fecal, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (USEPA), relatou que *E.coli* e enterococos apresentaram maior correlação com a incidência de doença em praias de água doce e de água salgada, respectivamente (FEITOSA, 2007).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) os enterococos são vantajosos em relação aos coliformes e *E.coli* como indicadores de contaminação por não apresentarem crescimento no ambiente e serem mais resistentes à sobrevivência na água (OMS, 1993).

São encontradas no esgoto bruto concentrações de coliformes termotolerantes (fecais) pelo menos duas ordens de grandeza superiores à concentração de enterococos (VON SPERLING, 2005). Isto torna o primeiro um indicador mais sensível na diferenciação dos níveis de poluição. Entretanto alguns autores ressaltam que embora enterococos sejam menos números em fezes humanas, eles ainda são suficientes para se detectar após diluição significativa (FEITOSA, 2007).

FEITOSA (2007) ressalta que o uso de *E.coli* como indicador de contaminação fecal, é pertinente em águas costeiras tropicais. O uso de enterococos, combinado com a medição de *E.coli* e outros microrganismos indicadores adicionais apresenta maior confiabilidade em relação à ausência ou presença de poluição fecal.

2.4 DECAIMENTO BACTERIANO

A quantidade e a distribuição de bactérias indicadoras de contaminação fecal no ambiente marinho dependem da advecção e dispersão causadas pelas correntes marinhas, além de fatores responsáveis pelo decaimento ou crescimento das populações dessas bactérias de origem intestinal (CARVALHO, 2003).

Conhecendo-se a concentração afluente, a aproximação dos níveis de concentração de determinadas bactérias em águas costeiras é feita através de uma simulação do decaimento destes microrganismos em função de diversos parâmetros ambientais e do tempo. Usualmente a

razão de decaimento bacteriano é representada em função do parâmetro T_{90} , o qual caracteriza-se pelo tempo de desaparecimento de 90% de uma população inicial de bactérias em decorrência de fatores que não estejam relacionados à diluição e dispersão.

O parâmetro T_{90} é normalmente mensurado *in situ* em estudos de modelagem da pluma de emissários submarinos. Estudos realizados na costa brasileira indicam diversos valores para o decaimento bacteriano T_{90} . Em Salvador/BA estudos iniciais realizados para o emissário submarino de Jaguaribe (GEOHIDRO, 1993), indicaram que o T_{90} para região seria da ordem de 90 minutos. Outros estudos realizados em 1970 e 1993/1994 na região do Emissário do Rio Vermelho encontraram valores médios de 122 minutos e 119 minutos respectivamente (CONSÓRCIO HYDROS / CH2M HILL, 2000 *apud* TOPÁZIO, 2003). Valores médios em torno de 80 minutos foram encontrado para Santos/SP, Maceió/AL e Fortaleza/CE (AGUDO, 1986). A Tabela 5 mostra alguns valores de T_{90} para diferentes locais estudados. Todos estes resultados foram obtidos a partir de experimentos de campo realizados durante o dia, em horários com radiação solar intensa, e com amostras de água obtidas próximo à superfície (BRAVO & VICENTE, 1992).

Tabela 5 – Valores médios de T_{90} para diferentes locais estudados

Local	T_{90} (horas)
Honolulu (Havaí)	0,75 ou menos
Mayagues Bay (Porto Rico)	0,7
Rio de Janeiro (Brasil)	1,0
Nice (França)	1,1
Accra (Gana)	1,3
Montevidéo (Uruguai)	1,5
Santos (Brasil)	0,8 a 1,7
Fortaleza (Brasil)	1,3
Maceió (Brasil)	1,35

Fonte: LUDWIG, 1988 *apud* TOPÁZIO, 2003.

Na baía de Guanabara, em 1975, foram realizados experimentos para determinação de T_{90} noturno, os quais constam do relatório Water Quality Model of Guanabara Bay (HYDROSCIENCE, 1977 *apud* TOPÁZIO, 2003). Os experimentos utilizaram garrafas claras e escuras, com ou sem agitação, encubadas dentro das águas da baía. As medianas dos resultados obtidos com estes estudos são apresentadas na Tabela 6.

Estes resultados são importantes, quando se tem o objetivo de preservar a área destinada à balneabilidade, também para uso noturno (TOPÁZIO, 2003).

Tabela 6 – Determinação de T_{90} noturno na Baía de Guanabara – RJ

Métodos	T_{90} (horas)
Garrafa escura sem agitação	9,2
Garrafa escura com agitação	4,6

Fonte: HYDROSCIENCE (1977) *apud* TOPÁZIO (2003).

Esses resultados demonstram a influência da radiação solar nos valores obtidos para a taxa de decaimento bacteriano.

Além da radiação, outros fatores são influentes na concentração de bactérias em ambientes marinhos e são discutidos a seguir.

2.4.1 Principais fatores influentes no decaimento bacteriano

Segundo CHAMBERLIN & MITCHELL (1978) fatores irrelevantes são aqueles que:

- Não produzem taxas de decaimento superiores a $0,3 \text{ h}^{-1}$;
- Só ocasionam taxas de decaimento substanciais em condições extremas, não geralmente associadas a condições normais;
- Não fornecem explicações satisfatórias para as taxas observadas.

Para a maioria das bactérias entéricas, a água do mar é tóxica e pode funcionar como fator limitante para multiplicação (HAGLER e MENDONÇA-HAGLER, 1988). Segundo TROUSSELIER *et al.* (1998) *apud* RAMOS (2012), comparado com o trato digestivo, o ambiente marinho caracteriza-se por baixas temperaturas, altas salinidades, presença da radiação solar na superfície das águas (UV-A, UV-B, luz solar visível), taxa de oxigênio elevada, presença de bactérias autóctones competitivas no que se refere a nutrientes, além da predação por organismos planctônicos.

FEITOSA (2007) divide os fatores influentes na cinética do decaimento bacteriano em fatores físicos, físico-químicos e bioquímico-biológicos, discutidos a seguir.

2.4.1.1 Fatores Físicos

a) Foto-oxidação

A radiação solar é um dos fatores mais importantes no decaimento de bactérias, sendo encontradas em diversos estudos, correlações significativas entre as taxas de mortalidade de coliformes e a quantidade de radiação solar incidente. (FEITOSA, 2007).

O processo de foto-oxidação se dá pela absorção de luz por sintetizadores endógenos ou exógenos, proporcionando uma excitação eletrônica dos mesmos. Esta excitação culmina com a alteração, a danificação ou a decomposição de componentes celulares bacterianos (CHAMBERLIN & MITCHELL, 1978).

Estudos realizados por CHAMBERLIN & MITCHELL (1978) produziram evidências convincentes de que a variabilidade das taxas de decaimento de coliformes em águas marinhas pode ser primeiramente atribuída à intensidade luminosa na superfície livre e outros fatores influentes no perfil de luminosidade ao longo da profundidade.

Nos primeiros 30 m abaixo da superfície, a radiação solar afeta fortemente a sobrevida de coliformes termotolerantes (fecais), porém abaixo deste limite seu efeito foi muito pouco pronunciado (ŠOLIĆ & KRSTULOVIC, 1992). A reflexão e a absorção atenuam a ação bactericida da radiação solar através da coluna d'água.

A ação da radiação solar sobre as taxas de decaimento depende do microrganismo considerado, uma vez que a sensibilidade destes à luminosidade varia de organismo para outro. Segundo FEITOSA (2007) deve-se ter cautela em extrapolar para outros microrganismos estudos realizados com coliformes. Muitos dos patogênicos associados à contaminação fecal em águas naturais pertencem à mesma família dos microrganismos componentes do grupo coliformes. Segundo estudos realizados por NOBLE *et al.* (2004), a radiação solar apresentou um efeito significativo nas taxas de decaimento de *E.coli*, coliformes termotolerantes (fecais) e enterococos.

b) Adsorção, coagulação, floculação e sedimentação

Os fenômenos da adsorção, coagulação e floculação, que ocorrem através da agregação de microrganismos à partículas sólidas em suspensão, ou à outros microrganismos, contribuem para a sedimentação dos mesmos. O mecanismo do decaimento pela sedimentação nada mais é do que a transferência de microrganismos de um compartimento físico

para outro. No caso em questão a transferência ocorre do meio líquido para o meio particulado depositado no fundo. Em lagos e corpos d'água pouco turbulentos, a sedimentação pode ser um importante mecanismo na remoção de microrganismos (GANNON *et al.*, 1983).

c) Temperatura

Segundo estudos realizados por ŠOLIĆ & KRSTULović (1992), ROZEN & BELKIN (2001) e MANCINI (1978), as variações da temperatura estão diretamente relacionadas com a taxa de decaimento de bactérias do grupo coliforme, pois podem determinar o crescimento dos microrganismos, afetar a demanda por nutrientes e a atividade enzimática.

2.4.1.2 Fatores físico-químicos

a) Efeitos osmóticos - salinidade

Os trabalhos realizados por MANCINI (1978) e CHAMBERLIN & MITCHELL (1978) observaram um aumento na taxa de decaimento de bactérias entéricas em função do aumento dos níveis de salinidade.

Os microrganismos retiram da água, presente no seu meio ambiente, a maioria dos seus nutrientes solúveis necessários para seu crescimento. Suas células são constituídas de aproximadamente 80 a 90 % de água, que pode ser removida do interior da célula através de elevações na pressão osmótica. Quando uma célula microbiana encontra-se em um ambiente cujo a concentração de sais é superior à concentração no interior da célula, a água passa de dentro para fora da célula, através da membrana plasmática. Esse fenômeno causa a inibição do crescimento microbiano devido plasmólise, efeito da diminuição da membrana plasmática da célula (TORTORA *et al.*, 2000). Deste modo as variações na concentração de sais no ambiente marinho irão influenciar na sobrevivência dos microrganismos, na velocidade do crescimento, fisiologia e reprodução microbiana (ROZEN & BELKIN, 2001).

Em relação aos microrganismos patogênicos, DE OLIVEIRA (1990) verificou a diminuição da sobrevivência desses microrganismos em função do aumento dos níveis de salinidade.

b) pH

Os coliformes termotolerantes possuem uma faixa ótima de pH para sobrevivência entre 6 e 7. Fora destes limites ocorre um acentuado decaimento (ŠOLIĆ & KRSTULOVIC, 1992). ROZEN & BELKIN (2001) apontaram um efeito nocivo para *E. coli* com pH em torno de 8,0 em águas marinhas. Porém segundo ŠOLIĆ & KRSTULOVIC (1992) o pH é o fator menos importante no decaimento bacteriano devido às pequenas variações em suas faixas, observadas no ambiente, ficando geralmente entre 7,5 e 8,5.

c) Toxicidade química e quantidade de oxigênio dissolvido

A presença de substâncias tóxicas, tais como hidrocarbonetos, detergentes e metais pesados é considerada um fator significativo no decaimento de bactérias (CHAMBERLIN & MITCHELL, 1978). O próprio esgoto pode conter compostos nocivos aos microrganismos indicadores.

KOTT (1982) *apud* FEITOSA 2007 verificou uma elevada taxa de decaimento de bactérias do grupo coliforme à medida que estas experimentam uma brusca variação nas taxas de oxigênio dissolvido, passando de ambientes com concentrações baixas para elevadas. Esta situação ocorre comumente em sistemas de disposição oceânica de esgotos sanitários.

2.4.1.3 Fatores bioquímico-biológicos

a) Níveis de nutrientes e presença de substâncias orgânicas

As quantidades de nutrientes orgânicos e inorgânicos no ambiente marinho são inferiores às concentrações observadas em águas residuárias. Desta forma, as bactérias lançadas no ambiente marinho não irão encontrar neste ambiente as concentrações de nutrientes necessárias para promover seu crescimento.

SAVAGE & HANES (1971) *apud* FEITOSA (2007) verificaram em estudos laboratoriais que o aumento nos níveis de nutrientes é responsável por um incremento inicial nas concentrações de coliformes totais e fecais. Porém, para todos os experimentos realizados, após o crescimento inicial, foi observado um decaimento destes microrganismos em águas marinhas. Já NOBLE *et al.* (2004) não

encontraram relações significativas entre as concentrações de nutrientes e as taxas de decaimento de coliformes totais, *E. coli* e enterococos.

b) Predação

Na ausência de radiação solar a predação pode desempenhar um papel fundamental no decaimento de bactérias entéricas (MEZRIOUI et al., 1995 *apud* FEITOSA, 2007). Segundo FEITOSA (2007), os experimentos consistiam em observação da diminuição da concentração de microrganismos em câmaras onde existia atividade predatória.

Porém, com relação aos níveis naturais de predadores em águas marinhas costeiras, não foram observados níveis suficientes destes microrganismos para que pudesse produzir influência sobre as taxas de decaimento (CHAMBERLIN & MITCHELL, 1978). Na mesma linha, FEITOSA (2007) ressalta que a atividade de microrganismos predadores em águas costeiras é muito difícil de ser quantificada e qualificada.

c) Bacteriófagos (vírus)

CARLUCCI & PRAMER (1960) *apud* ROZEN & BELKIN (2001) mostraram que bacteriófagos foram relevantes na redução das concentrações de *E.coli* apenas em condições ambientais cujas concentrações de nutrientes eram elevadas. FEITOSA (2007) sugere, deste modo, um papel pouco importante desses microrganismos no decaimento de bactérias indicadoras sob condições naturais encontradas no ambiente marinho.

2.4.1.4 Ação conjunta de fatores

Dentre todos os fatores relacionados ao decaimento bacteriano, a radiação solar mostrou possuir a maior influência em maiores taxas de mortalidade. Foram encontradas correlações significativas entre as taxas de mortalidade de microrganismos e a quantidade de radiação solar incidente. A salinidade, temperatura e predação também apresentam relativa importância no ambiente marinho, porém este último é de difícil quantificação e a não consideração deste parâmetro em modelos de decaimento, contribui a favor da segurança reproduzindo taxas de decaimento mais conservativas (FEITOSA, 2007).

A temperatura possui maior influência no decaimento bacteriano na ausência de radiação solar. Sob ação luminosa os efeitos

da temperatura tornam-se pouco relevantes quando comparado aos efeitos da radiação (CHAMBERLIN & MITCHELL, 1978).

Segundo FEITOSA (2007) a utilização de taxas de decaimento bacteriano que contemplem apenas radiação solar incidente, temperatura e salinidade é satisfatória para o ambiente marinho.

2.4.2 Cinética do decaimento bacteriano

Considerando que toda a taxa de decaimento bacteriano é uma função de toda mortalidade mais perdas, menos o incremento, então o principal componente do decaimento pode ser escrito como (THOMANN, 1987):

$$K_b = K_{b1} + K_{bI} + K_{bs} - K_a \quad (1)$$

onde:

K_b = taxa de decaimento bacteriano

K_{b1} = taxa de decaimento em função da temperatura, salinidade e predação

K_{bI} = taxa de decaimento em função da radiação solar

K_{bs} = perda (ou ganho) devido a sedimentação (ressuspensão)

K_a = taxa de crescimento após o lançamento

A taxa de decaimento bacteriano é geralmente expressa por uma reação de primeira ordem (lei de Chick), em que a taxa de remoção é diretamente proporcional à concentração de bactérias (VON SPERLING, 2005).

$$\frac{dN}{dt} = -K_b \cdot N \quad (2)$$

onde:

N = número (ou concentração) de coliformes em um tempo t qualquer (org/100 ml)

K_b = coeficiente de decaimento bacteriano (d^{-1})

t = tempo (d)

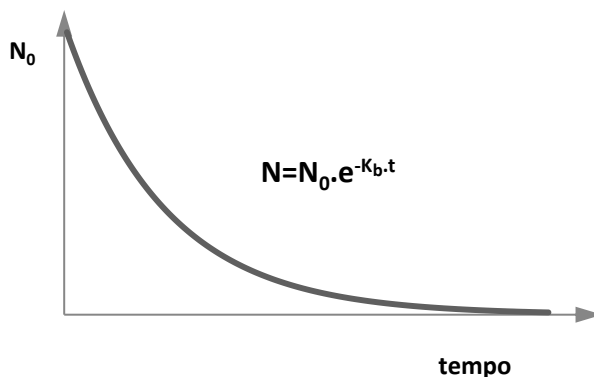
Integrando e resolvendo a equação chega-se à:

$$N = N_0 \cdot e^{-K_b \cdot t} \quad (3)$$

onde:

N_0 = número (ou concentração) inicial de coliformes (org/100 ml)

Figura 3 – Curva de decaimento de bactérias segundo a cinética de primeira ordem.



Fonte: VON SPERLING (2005).

A partir desta equação pode-se determinar a concentração de bactérias existente em um intervalo de tempo qualquer, bastando para tal conhecer a concentração inicial e a taxa de decaimento no tempo correspondente.

O parâmetro T_{90} é uma maneira alternativa de expressar o decaimento bacteriano. Este parâmetro é o tempo necessário para ocorrer o desaparecimento de 90% das bactérias presentes inicialmente no ambiente marinho. Neste caso, com base na equação anterior, tem-se que:

$$\begin{aligned} \text{Para } t = T_{90} \quad \longrightarrow \quad N &= 0,1 \cdot N_0 \\ 0,1 \cdot N_0 &= N_0 \cdot e^{-K_b \cdot t} \end{aligned} \quad (4)$$

A partir desta equação temos:

$$\ln(-0,1) = -K_b \cdot t \quad (5)$$

onde t agora representa o T_{90} . Resolvendo o logaritmo neperiano:

$$T_{90} = \frac{2,3}{K_b} \quad (6)$$

K_b deve ser calculado a partir de modelos de decaimento bacteriano. Alguns destes modelos são apresentados a seguir.

2.4.3 Modelagem do decaimento bacteriano

Retornando à Equação 1, o efeito da temperatura para bactéria é normalmente aproximado pela equação:

$$(K_B)_T = (K_B)_{20} \cdot (1,07)^{T-20} \quad (7)$$

O efeito da luz solar tem sido avaliado em variados estudos, incluindo os de Gameson e Gould, (GAMESON, 1974 apud THOMANN, 1987), que avaliaram a taxa de decaimento bacteriano para dados na superfície (0-5 cm) com luz solar. Entretanto é reconhecido que a radiação solar varia com a profundidade em função do coeficiente de extinção vertical da luz na água do mar. Contudo, pode-se obter dos resultados deste estudo que:

$$K_{B0}(t) = \alpha \cdot I_0(t) \quad (8)$$

onde:

K_{B0} = taxa de decaimento na superfície (dia^{-1});

α = constante de proporcionalidade;

$I_0(t)$ = radiação solar na superfície ($\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{h}$).

Pelos dados de Gameson e Gould (GAMESON, 1974 apud THOMANN, 1987) α tem valor aproximado da unidade. Entretanto, deve ser reconhecido que a radiação solar varia com a profundidade como uma função do coeficiente de extinção da luz. O efeito da variação da luz solar com a profundidade nas taxas de decaimento pode ser representado pela equação:

$$K_B = \frac{\alpha I_0}{H K_e} [1 - e^{-K_e H}] \quad (9)$$

onde:

H = profundidade onde é feita a medida (m);

K_e = coeficiente de extinção da luz solar (m^{-1}).

O coeficiente de extinção vertical da luz na água K_e é avaliado, de maneira simples, baixando um objeto padrão, chamado Disco de Secchi, até que este objeto não possa ser visto a olho nu. Segundo THOMANN (1987), o coeficiente K_e é obtido através de uma relação empírica com a Profundidade de Secchi Z_s , dada por:

$$Ke = \frac{1,8}{Z_s} \quad (10)$$

A partir dessas considerações duas representações da taxa de perda podem ser utilizadas (THOMANN, 1987). O primeiro e mais simples modelo usa a taxa geral de perda Kb como medida da cinética bacteriana e nenhuma atenção é dada para descrever os mecanismos individuais ou as estruturas cinéticas. Entretanto, Kb é considerado como função da temperatura. Este modelo reconhece que poderão existir consideráveis incertezas na entrada de dados no contexto de alguns problemas e isto não é prático ou significativo para descrever a estrutura cinética em qualquer nível de detalhe significativo (THOMANN, 1987).

O segundo nível de modelo incorpora alguns dos principais mecanismos discutidos anteriormente. MANCINI, 1978, avaliou os dados disponíveis para incorporar salinidade, temperatura e radiação solar. No aprofundamento desse trabalho e com a discussão dos efeitos da radiação solar mostrada anteriormente, Kb pode ser escrito como:

$$K_b = [0,8 + 0,006 \cdot (\% \text{água do mar})] \cdot 1,07^{T-20} + \frac{\alpha I_0(t)}{K_e H} (1 - e^{-K_e H}) + \frac{v_s}{H} \quad (11)$$

onde:

v_s = taxa de perda de bactérias em particulados (m/dia) (v_s pode ser negativo, zero, ou positivo, dependendo do grau de ressuspensão).

Segundo a Equação 11 o efeito da variação da luz solar pode ser significativo na tentativa de ajuste e calibragem de uma situação de transiente bacteriano de curto tempo. Ainda, durante o período noturno o decaimento bacteriano reduz-se drasticamente devido a ausência de luz.

3 METODOLOGIA

Para execução deste trabalho, que tem por objetivo estimar a taxa de decaimento bacteriano na Baía Sul de Florianópolis, foi feito levantamento bibliográfico dos dados necessários para caracterização da baía em relação aos fatores influentes no decréscimo do número de bactérias em mares e oceanos.

Foram fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI, dados de duas estações meteorológicas por ela administradas, no entorno da baía sul, além de terem sido obtidos dados de pesquisas e trabalhos, os quais realizaram campanhas de medição dos fatores ambientais pertinentes à execução deste trabalho.

Posteriormente os dados foram formatados e dispostos em uma base de dados do *software* STATISTICA 7, da empresa StatSoft, o qual fornece um abrangente conjunto de ferramentas para análise, gestão e visualização de bases de dados.

Para estimar a taxa de decaimento bacteriano foi utilizado o modelo proposto por MANCINI (1978), o qual é amplamente utilizado pela comunidade científica na busca pelo decaimento das bactérias em mares e oceanos.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA BAÍA SUL

A caracterização do local de estudo foi feito com base no levantamento dos dados necessários para a aplicação do modelo. Fez-se necessário conhecer o comportamento de parâmetros marítimos e meteorológicos que possam ser influentes no decaimento bacteriano neste tipo de ambiente.

3.1.1 Temperatura e Salinidade

A temperatura e a salinidade da água do mar tem grande importância no decaimento bacteriano, especialmente no período noturno, quando não há radiação solar incidindo sobre a superfície da água.

Para o presente trabalho foram utilizados os dados resultantes das medições de SOUZA-CONCEIÇÃO (2005), PARIZOTTO (2009) e ALVES JR. (2011) e ALVES *et al* (2010), realizadas em diferentes pontos da Baía Sul da Ilha de Santa Catarina. O Quadro 3 apresenta um resumo das informações coletadas desses trabalhos.

Quadro 3 – Detalhes das informações de temperatura e salinidade levantadas.

Autor	Nº Medições	Local¹	Data	Observação
SOUZA— CONCEIÇÃO, 2005	15	Enseada do Sacos dos Limões	21/10/1999 – 27/04/2001	Duas medições bimestrais em 6 pontos amostrais ¹
PARIZOTTO, 2009	11	Próximo as desembocaduras dos rios Cubatão, Rio Tavares e Maciambu	20/04/2007 – 07/04/2008	
ALVES JR, 2001	45	Baía Sul	28/04/2005 – 31/05/2007	Campanhas de medição realizadas em três perfis transversais à orientação do eixo da baía ¹
ALVES <i>et al</i> , 2010	14	Ribeirão da Ilha	22/02/2006 – 26/10/2006	Amostras quinzenais em um único ponto amostral ¹

Fonte: SOUZA-CONCEIÇÃO (2005), PARIZOTTO (2009) , ALVES JR. (2011) e ALVES *et al*, 2010. Elaborado pelo autor.

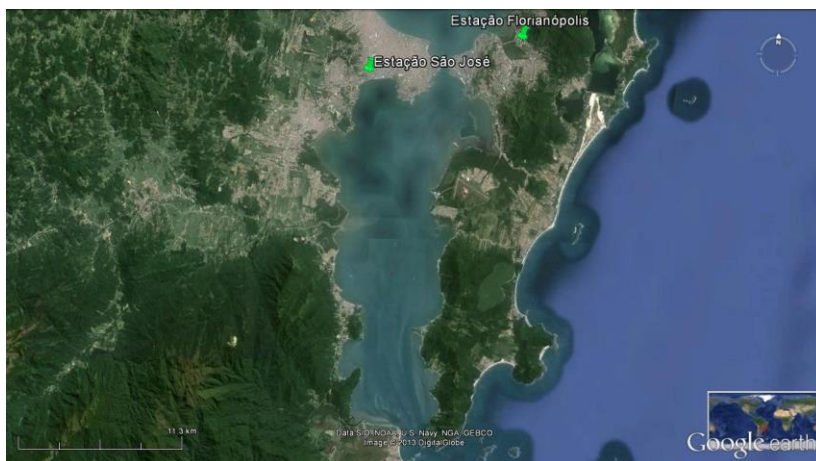
Com a utilização do *software* Statistica 7, foram criados gráficos de dispersão, histogramas de frequência e diagramas de caixa. Os dados foram filtrados e agrupados de modo que fosse possível, a partir dos gráficos criados, analisar padrões de massas de água e encontrar comportamentos hidrodinâmicos específicos para as estações do ano.

¹ A localização dos pontos amostrais encontram-se no Anexo A.

3.1.2 Radiação Solar

A radiação solar é o fator de maior influência na determinação da taxa de decaimento bacteriano. Para o presente trabalho foi fornecido pela EPAGRI, através do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina – CIRAM, os dados médios horários de radiação solar da estação São José, localizada no entorno da baía sul, como mostra a Figura 4. A Tabela 7 apresenta a disponibilidade dos dados e as especificações da estação.

Figura 4 – Localização das estações localizadas no entorno da Baía Sul.



Fonte: EPAGRI/CIRAM (2013). Imagem: Google Earth, 2013.

Tabela 7 – Especificações da estação EPAGRI/CIRAM e dos dados de radiação solar obtidos.

Estação	INMET - 1501
Município	São José
Latitude (°)	-27,6
Longitude (°)	-48,6
Altitude (m)	5
Disponibilidade	02/08/2005 11:00 - 31/12/2011 23:00
Medição	Automática
Unidade	W/m ²
Leitura	Radiação média horária

Fonte: EPAGRI/CIRAM (2013).

Os valores foram convertidos em cal/cm² para posterior utilização do modelo de decaimento bacteriano, de acordo com a Figura 5.

Figura 5 – Relações entre as principais unidades de energia, potência e radiação.

Energia	
1 cal = 4,186 Joules (J)	1 Einstein (E) = 1,993 x 10 ⁵ J
Potência (energia por unidade de tempo)	
1W = 1J/s	
Radiação (potência por unidade de área)	
1 cal/cm ² .h = 11,626 W/m ² cal/cm ² = 1 langley (Ly)	1 cal/cm ² .h = 192533 µE/m ² .h
1 Lux = Lúmen/m ² = 0,01953 µE/m ² .s	1 W/m ² = 4,6 µE/m ² .s
1 W/m ² = 235,535 lux	1 cal/cm ² .h = 2738,42 lux
1 cal/cm ² .h = 0,04185 MJ/m ²	

Fonte: FEITOSA, 2007.

Os dados de radiação solar foram tratados no *software* Statística 7 e, através de rotinas específicas, foram filtrados os dados de interesse. Posteriormente foi feita uma análise e tratamento para geração de uma base de dados e gráficos, agrupados de acordo com as necessidades de análises do trabalho.

3.1.3 Precipitação

A precipitação pode ser um fator importante na análise dos dados ambientais encontrados na Baía Sul da Ilha de Santa Catarina. A influência de eventos de grande pluviosidade na bacia hidrográfica

contribuinte pode justificar valores extremamente baixos encontrados para a salinidade da água da baía, que recebe aporte de água doce, principalmente dos rios Cubatão do Sul e Maciambu pelo lado continental e do rio Tavares pelo lado insular.

Os dados históricos de precipitação acumulada em 24 horas da estação Florianópolis, cuja localização está mostrada na Figura 4, foram fornecidas pela EPAGRI/CIRAM que administra a estação e os detalhes dos dados e da estação são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 – Especificações da estação EPAGRI/CIRAM e dos dados precipitação acumulada obtidos.

Estação	1006
Município	Florianópolis
Latitude (°)	-27,58
Longitude (°)	-48,50
Altitude (m)	5
Disponibilidade	08/05/2001 – 12/07/2012 - automática
	01/01/1997 – 12/07/2012 - convencional
Unidade	mm
Leitura	Pluviômetro 24h

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Para auxiliar a análise da interferência da chuva nos dados utilizados neste trabalho, foram analisadas as séries temporais de até sete dias antecedentes ao dia da medição dos dados obtidos.

3.4 Vento

O aporte de água salgada na Baía Sul pode ser contribuído pelas condições de maré e correntes marítimas que entram na baía, sendo estas influenciadas pelo vento.

O Instituto Nacional de Meteorologia – INMET disponibiliza, de forma gratuita em seu site na internet², os dados horários de velocidade e direção do vento medidos na estação A806 Florianópolis – São José (OMM: 83897), localizada na latitude -27,58°, longitude -48,56° e altitude 1,84 metros (INMET, 2013).

² <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

Para caracterizar a baía sul foi obtida e organizada a série de medições horárias do período compreendido entre 01/01/1999 e 21/12/2012. A estação automática do INMET realiza a medição do vento todos os dias do ano às 00h00min, 12h00min e 18h00min. Valores acima de 15 m/s foram desconsiderados durante as análises por representarem erros de medição, leitura, ou escrita. A caracterização utilizou o programa computacional Statistica 7 para encontrar médias dos valores, a fim de encontrar direções predominantes de vento e aqueles com maiores intensidade, possibilitando a determinação dos ventos predominantes na área de estudo.

Para verificar a influência do vento sobre as massas de água na baía foram analisadas, para cada campanha de medição, as séries temporais de vento horário de até dias antecedentes ao dia da coleta. Os dados utilizados foram aqueles disponibilizados, gratuitamente, pelo INMET, porém os dados entre 01/01/2000 e 20/08/2001 não encontram-se disponíveis no banco de dados do INMET.

3.5 Transparência da água

A transparência da água é obtida pelo coeficiente de extinção vertical de luminosidade K_e , que é função das condições de turbidez do ambiente. Quanto maior for este coeficiente, menor será a penetração luminosa através da coluna d'água.

Uma das maneiras mais simples para estimar K_e , é através da utilização do Disco de Secchi. Define-se como Profundidade de Secchi, a profundidade ao longo da coluna d'água, em que o Disco de Secchi passa a não ser mais visível através da superfície livre (THOMANN, 1987).

Segundo THOMANN (1987), o coeficiente K_e é obtido através de uma relação empírica com a Profundidade de Secchi Z_s , dada por:

$$K_e = \frac{1,8}{Z_s}$$

Para este trabalho, foram utilizados os dados de profundidade de Secchi obtidos dos trabalhos de ALVES *et al* (2010) e MIOTTO (2009) em diferentes pontos da baía sul (Quadro 4).

Quadro 4 – Detalhes das informações de profundidade de Secchi levantadas.

Autor	Nº medições	Local ³	Data	Observações
Miotto, 2009	30	Baía Sul	09/01/2007 – 07/07/2009	12 pontos amostrais ³ , sendo 6 pontos próximos ao lado continental e 6 próximos ao lado insular. Disponível apenas as médias dos pontos amostrais.
Alves <i>et al</i> , 2010	14	Ribeirão da Ilha	22/02/2006 – 26/10/2006	Amostras quinzenais em um único ponto amostral ³

Fonte: MIOTTO (2009) e ALVES *et al* (2010). Elaborado pelo autor.

3.2 APLICAÇÃO DO MODELO

O modelo proposto por MANCINI em 1978 apresenta resultados satisfatórios para a estimativa da taxa de decaimento bacteriano K_b e é comumente utilizado pela comunidade científica em estudos de modelagem do comportamento bacteriano em mares e oceanos. O modelo segue a equação abaixo:

$$K_b = [0,8 + 0,006 \cdot (\% \text{água do mar})] \cdot 1,07^{T-20} + \frac{\alpha I_0(t)}{K_e H} \cdot (1 - e^{-K_e H}) + \frac{v_s}{H}$$

A investigação proposta no presente estudo consiste em analisar cenários reais dos padrões ambientais encontrados na baía sul que influenciam na taxa de decaimento bacteriano. Considerando a perda (ganho) por sedimentação (ressuspensão) v_s igual a zero, foram criados cenários em função das estações do ano, massas de água presentes na baía, transparência da água e profundidade.

Após calcular a taxa de decaimento bacteriano K_b para os diferentes cenários propostos, o T_{90} foi calculado através da seguinte relação:

$$T_{90} = \frac{2,3}{K_b}$$

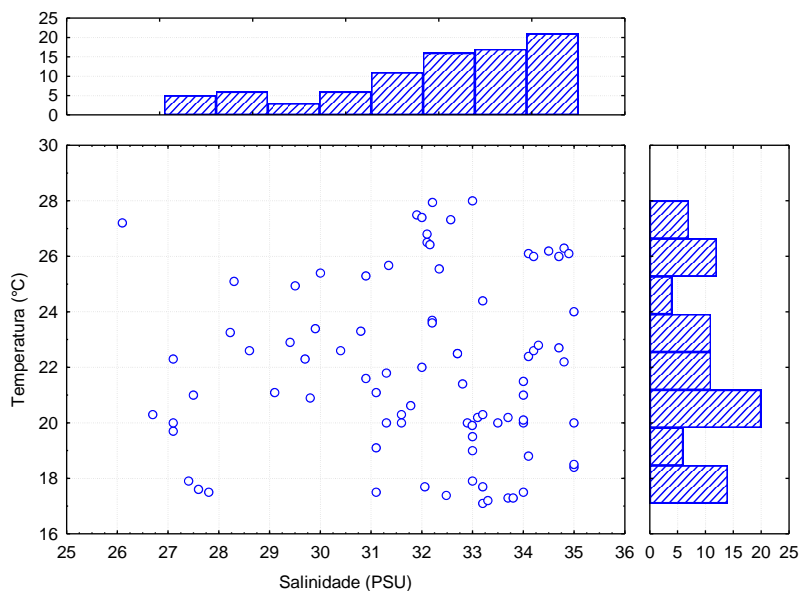
³ A localização dos pontos amostrais encontram-se no Anexo A.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 TEMPERATURA E SALINIDADE DA ÁGUA

A base de dados com os valores dos parâmetros temperatura e salinidade da água, utilizados neste trabalho e encontrados através de revisão bibliográfica, serviu para criar o diagrama TS para análise da distribuição do padrão geral dos parâmetros temperatura e salinidade nas águas da baía sul de Florianópolis. Os dados são apresentados na Figura 6 com os histogramas de frequência para oito faixas de valores.

Figura 6 – Diagrama TS dos dados levantados na literatura.



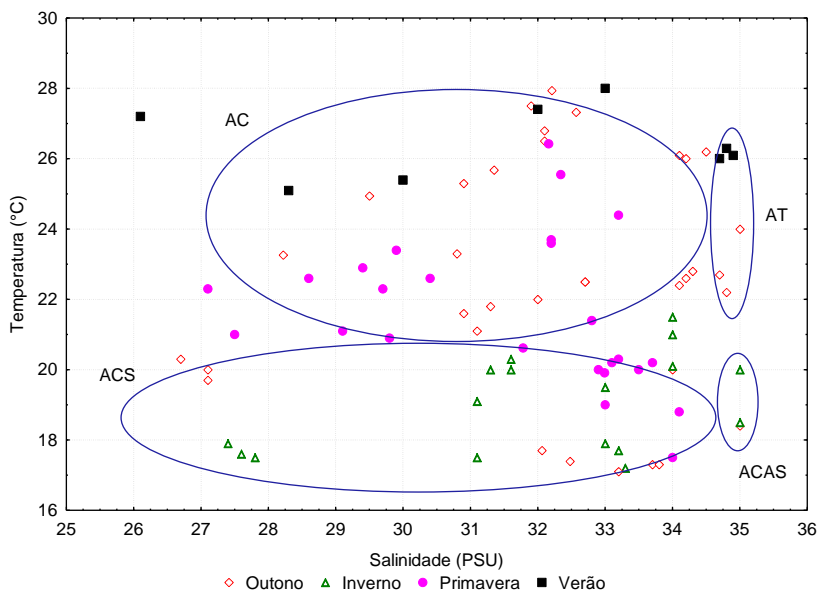
Fonte: SOUZA-CONCEIÇÃO (2005), PARIZOTTO (2009), ALVES JR. (2011) e ALVES *et al*, 2010. Organizado pelo autor.

Pode-se observar maior frequência dos valores de salinidade entre 34 e 35 PSU (cerca de 25% dos dados observados) e dos valores de temperatura entre 20 e 21 °C (cerca de 24% dos dados). Esta constatação é importante para definição dos cenários da estimativa do decaimento bacteriano.

A temperatura da água acompanhou os padrões de temperatura para cada estação do ano apresentando maiores valores no verão e menores no inverno. Durante a primavera e o outono, a temperatura da água sofreu maiores variações, apresentando grandes amplitudes. A salinidade não apresentou padrões de comportamento bem definidos relacionados com as estações do ano, exceto para o inverno, quando observou-se valores acima de 32 PSU com mais frequência. A Figura 7 apresenta os dados diferenciados por marcadores e por cores que representam as estações do ano em que foram medidos.

Ainda, o diagrama TS permitiu observar os tipos de massas d'água encontrados na baía durante as amostragens. Foram identificadas características da Água Central do Atlântico Sul – ACAS ($T < 20^{\circ}\text{C}$ e $S \sim 35,0$ PSU), porém as medições com este padrão ocorreram no inverno, contrariando o fenômeno da ressurgência dessas águas que ocorre no verão (CARVALHO, 1998). Isso significa que embora tenham sido encontrados padrões de ACAS na baía sul, é possível que essa água seja Água Costeira do Sul (ACS), de acordo com o padrão identificado por CASTRO-FILHO (1987) *apud* OLIVEIRA & MARQUES (2007). A ACS foi identificada nos valores de temperatura menor do que 20°C , os quais ocorreram principalmente nos meses mais frios (outono e inverno). A AT foi identificada durante o verão e outono, uma vez que foram encontradas medições com alta temperatura e salinidade. Embora os valores identificados como AT estejam abaixo dos valores típicos desta massa de água, evidencia uma possível mistura da AT com AC, sendo esta última identificada na maior parte dos dados levantados com valores de temperatura acima de 20°C (Figura 7).

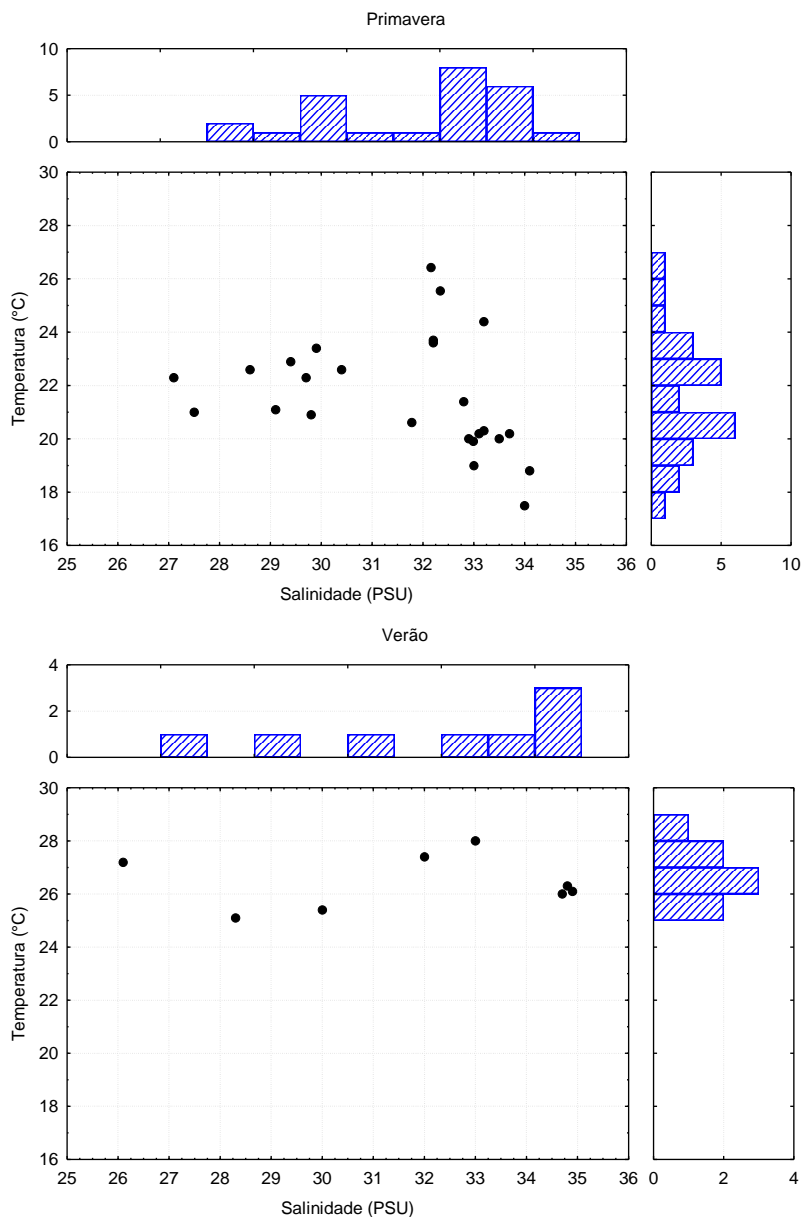
Figura 7 – Identificação das massas d'água presentes na baía sul durante as medições de TS.



Fonte: SOUZA-CONCEIÇÃO (2005), PARIZOTTO (2009), ALVES JR. (2011) e ALVES *et al*, 2010. Organizado pelo autor.

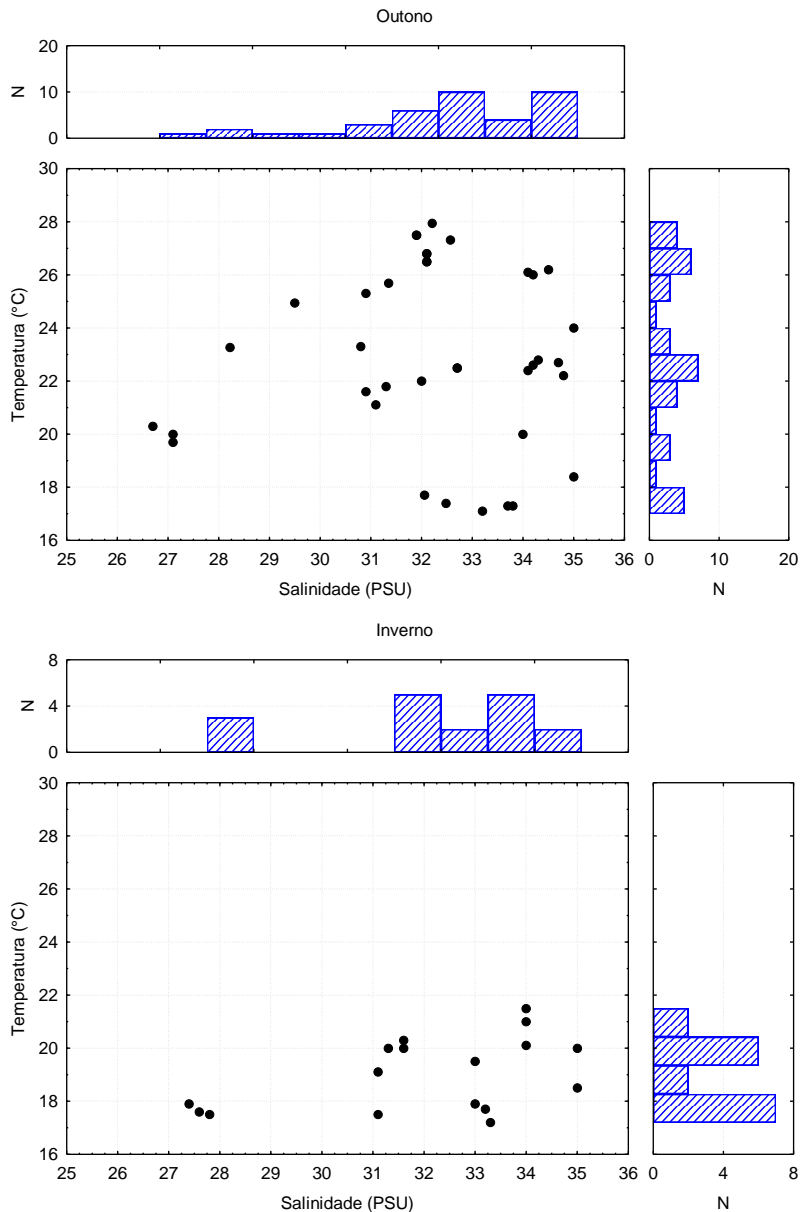
As Figuras 8 e 9, a seguir, apresentam a dispersão dos valores de temperatura e salinidade, com os respectivos histogramas para cada estação do ano. A temperatura da água variou 10,9 °C com a mínima e a máxima sendo registradas, respectivamente, durante o outono (17,1 °C) e o verão (28,0 °C). A salinidade teve seu valor máximo registrado, tanto no outono quanto no inverno, em 35,0 PSU, enquanto o valor mínimo foi de 26,1 PSU, registrado no verão e, portanto, variando 8,9 PSU ao longo do ano (Tabela 9).

Figura 8 – Dispersão TS com histogramas: primavera (acima) e verão (abaixo).



Fonte: SOUZA-CONCEIÇÃO (2005), PARIZOTTO (2009), ALVES JR. (2011) e ALVES *et al*, 2010. Organizado pelo autor.

Figura 9 – Dispersão TS com histogramas: inverno.



Fonte: SOUZA-CONCEIÇÃO (2005), PARIZOTTO (2009), ALVES JR. (2011) e ALVES *et al*, 2010. Organizado pelo autor.

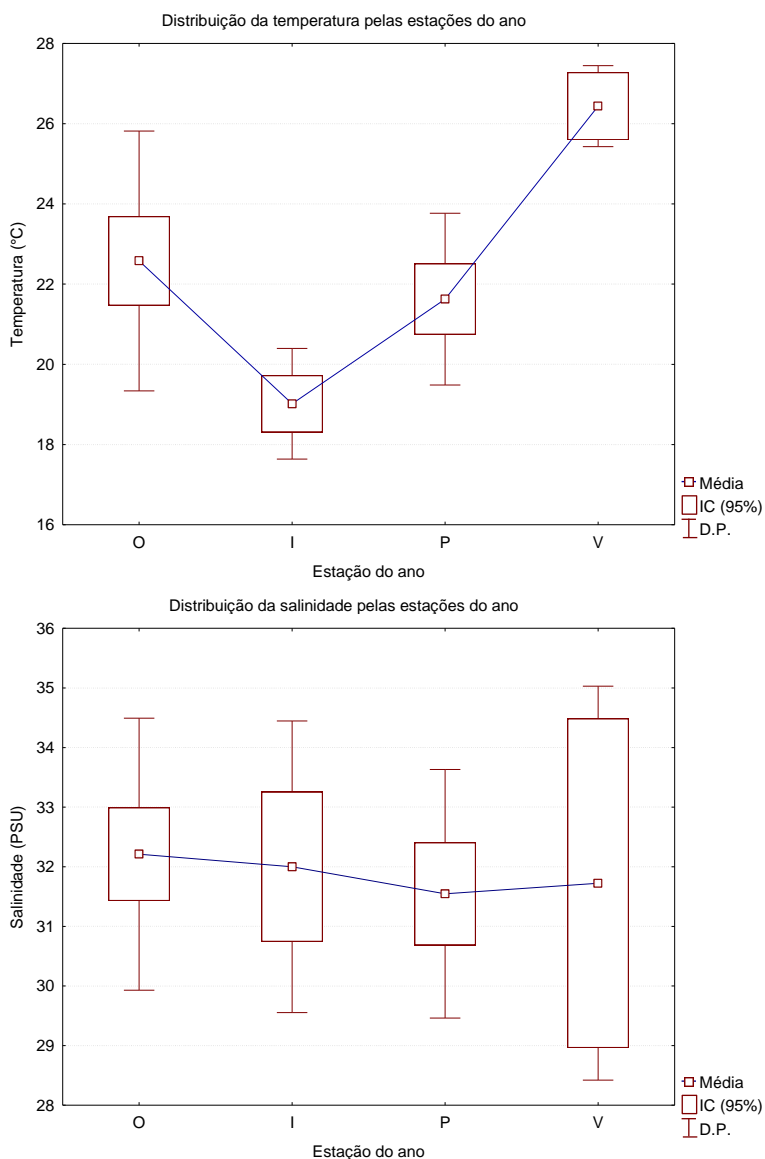
Tabela 9 – Estatísticas descritivas dos dados de temperatura (T (°C)) e salinidade (S (PSU)), com o número de dados observados (N), média (Méd), intervalo de confiança da média 95% (IC 95%), mediana (Mdn), mínimo (Mín), máximo (Máx), desvio padrão (d.p.) e erro padrão (e.p.), onde P = primavera, V = verão, O = outono e I = inverno.

	Variável	N	Méd	IC 95%	Mdn	Mín	Máx	D.P.	E.P.
P	T (°C)	25	21,6	20,7 - 22,5	21,1	17,5	26,4	2,1	0,4
	S (PSU)	25	31,6	30,7 - 32,4	32,2	27,1	34,1	2,1	0,4
V	T (°C)	8	26,4	25,6 - 27,3	26,2	25,1	28,0	1,0	0,4
	S (PSU)	8	31,7	29,0 - 34,5	32,5	26,1	34,9	3,3	1,2
O	T (°C)	38	22,9	21,8 - 24,0	22,6	17,1	27,9	3,3	0,5
	S (PSU)	38	32,2	31,5 - 32,9	32,2	26,7	35,0	2,2	0,4
I	T (°C)	17	19,0	18,3 - 19,7	19,1	17,2	21,5	1,4	0,3
	S (PSU)	17	32,0	30,7 - 33,3	33,0	27,4	35,0	2,4	0,6

Fonte: SOUZA-CONCEIÇÃO (2005), PARIZOTTO (2009), ALVES JR. (2011) e ALVES *et al*, 2010. Organizado pelo autor.

Os valores médios de temperatura apresentaram relação direta com as estações do ano, com a maior média no verão e a menor no inverno, enquanto primavera e outono apresentaram médias intermediárias. A salinidade teve o maior valor médio no outono e o menor na primavera, sendo observadas sensíveis diferenças entre as outras estações do ano (Figura 10).

Figura 10 – Gráficos da distribuição dos valores de temperatura (acima) e salinidade (abaixo) pelas estações do ano.

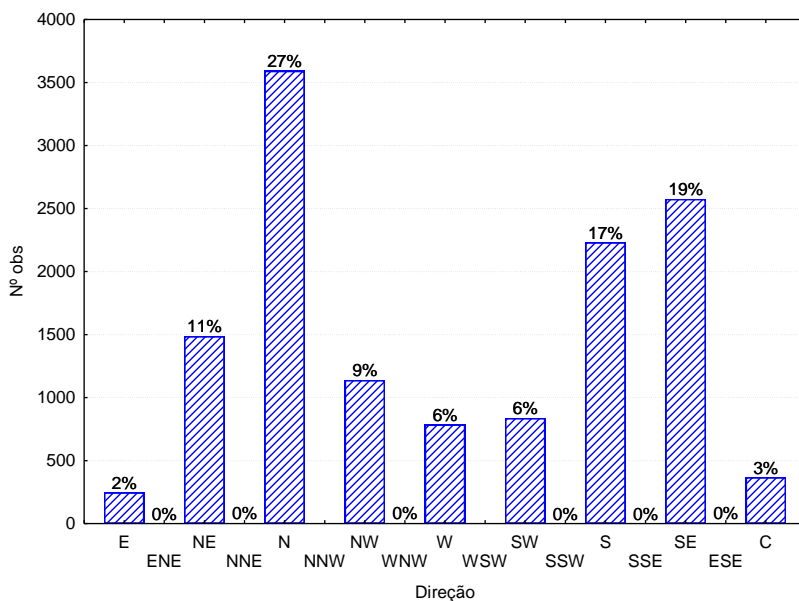


Fonte: SOUZA-CONCEIÇÃO (2005), PARIZOTTO (2009), ALVES JR. (2011) e ALVES *et al.*, 2010. Organizado pelo autor.

4.2 VENTO E PRECIPITAÇÃO

Segundo a análise da série histórica de medições de vento, utilizada neste trabalho, a direção predominante do vento na baía sul é do quadrante norte (N), seguido dos quadrantes sudeste (SE) e sul (S). Medições no qual o vento não apresentou intensidade significativa a ponto de definição de uma direção (C), ou seja, sem vento, foram encontradas em 3% do universo de dados. A Figura 11 apresenta a frequência média de cada vento na Baía da Ilha de Santa Catarina medida entre os anos de 1999 e 2011. Ressalta-se que as direções norte-noroeste (NNW) e oeste-sudoeste (WSW) não foram encontradas no banco de dados, enquanto os valores que apresentaram frequência igual a 0% foram encontrados, porém em quantidades insignificantes.

Figura 11 – Histograma da direção do vento na Baía da Ilha de Santa Catarina.

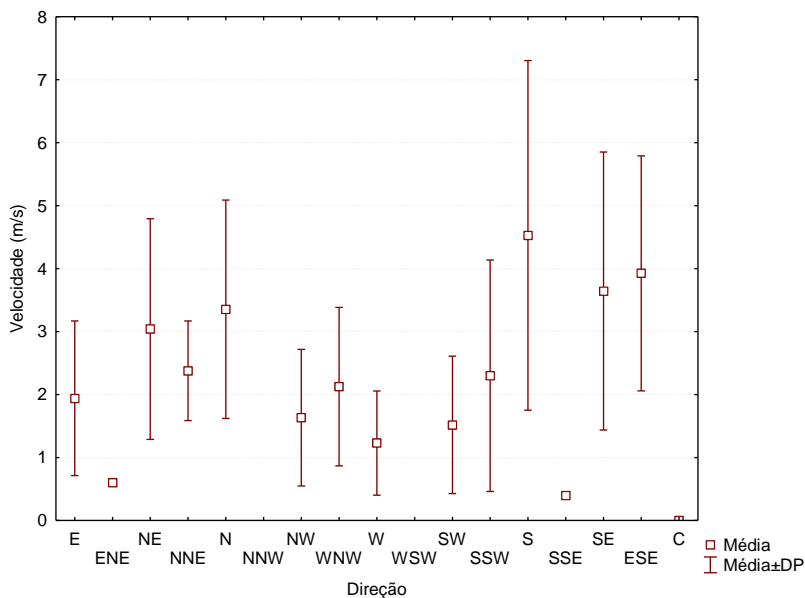


Fonte: INMET (2013). Organizado pelo autor.

Quanto à velocidade, o vento mais intenso é o de quadrante sul (S) com média de 4,53 m/s. O vento leste-sudeste (ESE), apesar de muito pouco frequente, é o segundo mais intenso em relação à

velocidade média (3,92 m/s). O vento norte (N), o mais frequente, aparece como o quarto vento mais intenso, com velocidade média de 3,35 m/s, enquanto o vento sudeste (SE) tem velocidade média de 3,64 m/s (Figura 12).

Figura 12 – Intensidade média do vento para cada direção.

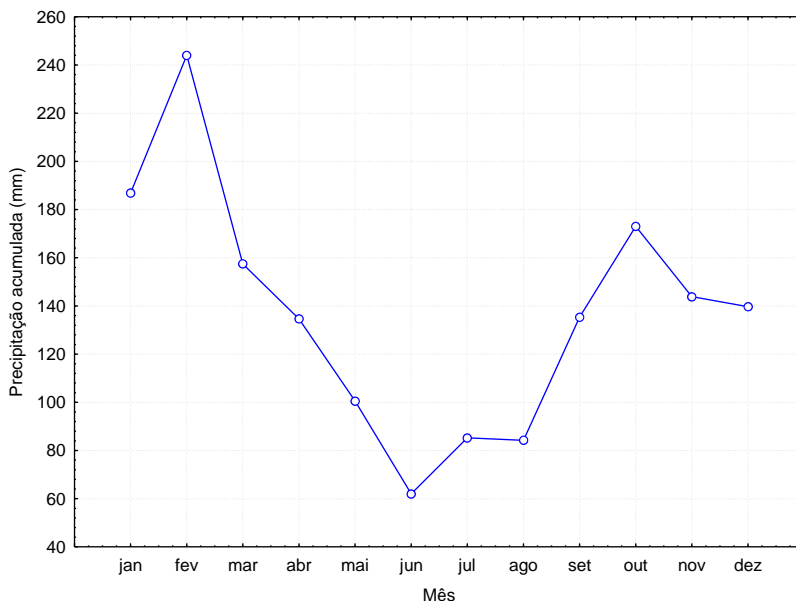


Fonte: INMET (2013). Organizado pelo autor.

O produto da frequência com a intensidade média de cada direção permite analisar a predominância do vento. Os gráficos acima mostram que aquele que apresentou maior predominância, para a série temporal de dados analisados na baía sul, foi o vento de quadrante norte (N), seguido pelo vento de sul (S) e de sudeste (SE).

A precipitação acumulada média mensal foi medida para os anos de 1997 à 2008. Verificou-se uma maior pluviosidade nos meses de verão (janeiro, fevereiro e março) e menor nos meses de inverno (junho, julho e agosto), acompanhando padrões de temperatura encontrados na região (Figura 13).

Figura 13 – Precipitações acumuladas médias mensais



Fonte: EPAGRI/CIRAM. Organizado pelo autor.

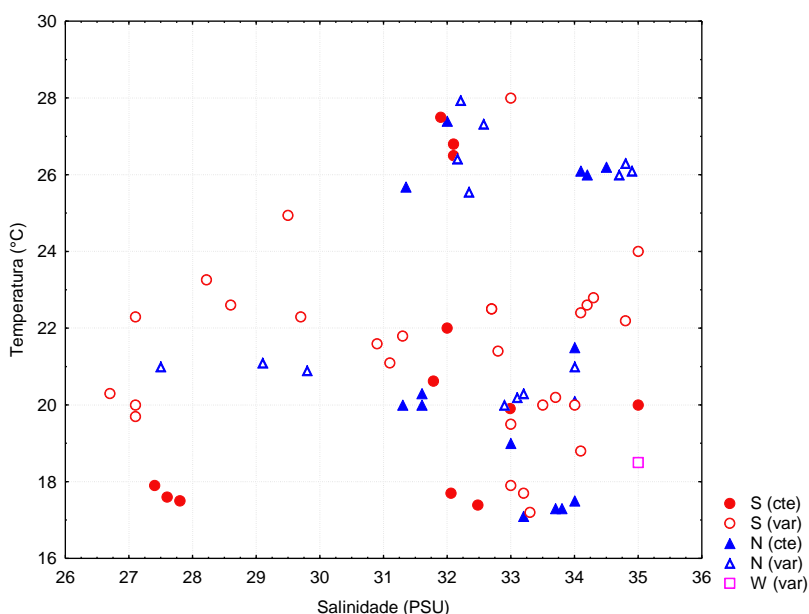
A análise da série histórica de vento e precipitação sete dias antes de cada medição de salinidade e temperatura não apresentou correlação entre as variáveis, o que pode ser efeito da ampla faixa de tempo analisada antes de cada medição. Neste sentido analisou-se a série de vento e precipitação de dois dias anteriores às medições, a fim de encontrar relações entre estes parâmetros com salinidade e temperatura da água. Assim como para a série de sete dias, não foi encontrado padrão significativo dos valores de temperatura e salinidade relacionados com o vento e a precipitação.

Mesmo com uma série histórica menor (2 dias), houveram alguns episódios de variação do vento de um dia para o outro, o que poderia estar relacionado com a falta de padrão entre o vento e os parâmetros aquáticos. Nesse sentido, foram observados ventos predominantes de sul (S), de norte (N) e, em uma ocasião, de oeste (W). O gráfico dos ventos predominantes, apresentado na Figura 14, diferencia o preenchimento dos pontos (cheio ou vazio) indicando se a direção foi totalmente constante nos dois dias anteriores (cheio) ou se a

direção variou de um dia para o outro (vazio). Nota-se, ainda assim, que não houve um padrão de vento relacionado com valores de salinidade.

Vale ressaltar que devido à falta de dados na base histórica de dados meteorológicos do INMET, alguns pontos não puderam ser analisados em relação ao vento e não estão apresentados no gráfico.

Figura 14 – Gráfico dos valores de temperatura e salinidade associados ao vento predominante de dois dias antecedentes ao dia de medição (cte = direção totalmente constante nos dois dias; e var = direção variou de um dia para o outro).



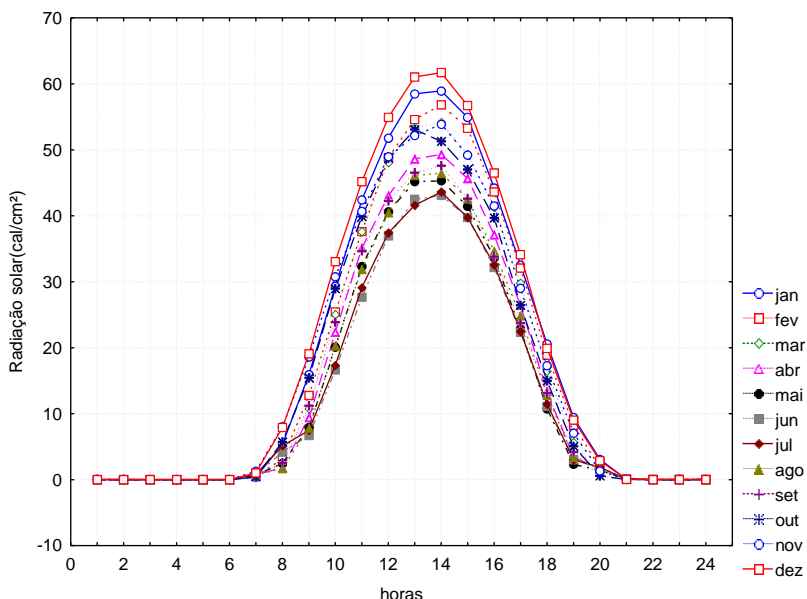
Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto a precipitação, não houve episódio de grande pluviosidade nos dois dias antecedentes à cada medição de temperatura e salinidade. A precipitação acumulada de dois dias chegou a, no máximo, 24 mm, porém não houve precipitação na maioria dos dados analisados, impossibilitando relacionar salinidade com pluviosidade. Da mesma forma, a análise da série histórica de sete dias, não apresentou um padrão característico de chuva acumulada relacionado com as faixas de valores de salinidade e temperatura.

4.3 RADIAÇÃO SOLAR

Primeiramente os dados de radiação solar foram agrupados por hora e por mês. Essa organização permitiu gerar o gráfico de radiação solar média para cada mês em cada hora do dia (Figura 15).

Figura 15 – Gráfico da radiação solar média horária para cada mês.

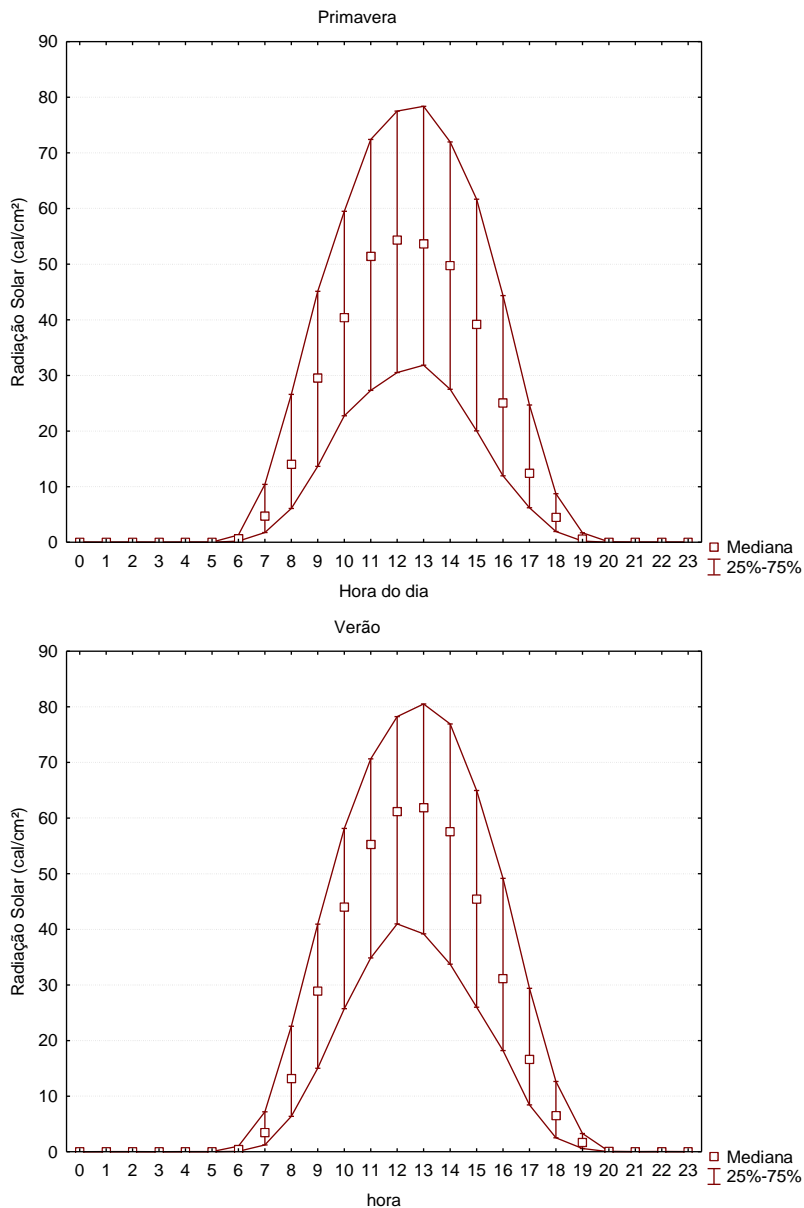


Fonte: EPAGRI/CIRAM. Organizado pelo autor.

Os meses de janeiro, fevereiro e dezembro apresentaram as maiores médias horárias e os meses de maio, junho e julho apresentaram os menores valores. Isso representa resultados dentro do esperado de acordo com as estações do ano. Durante o dia, os horários com maiores médias de radiação solar foram às 13h e às 14h.

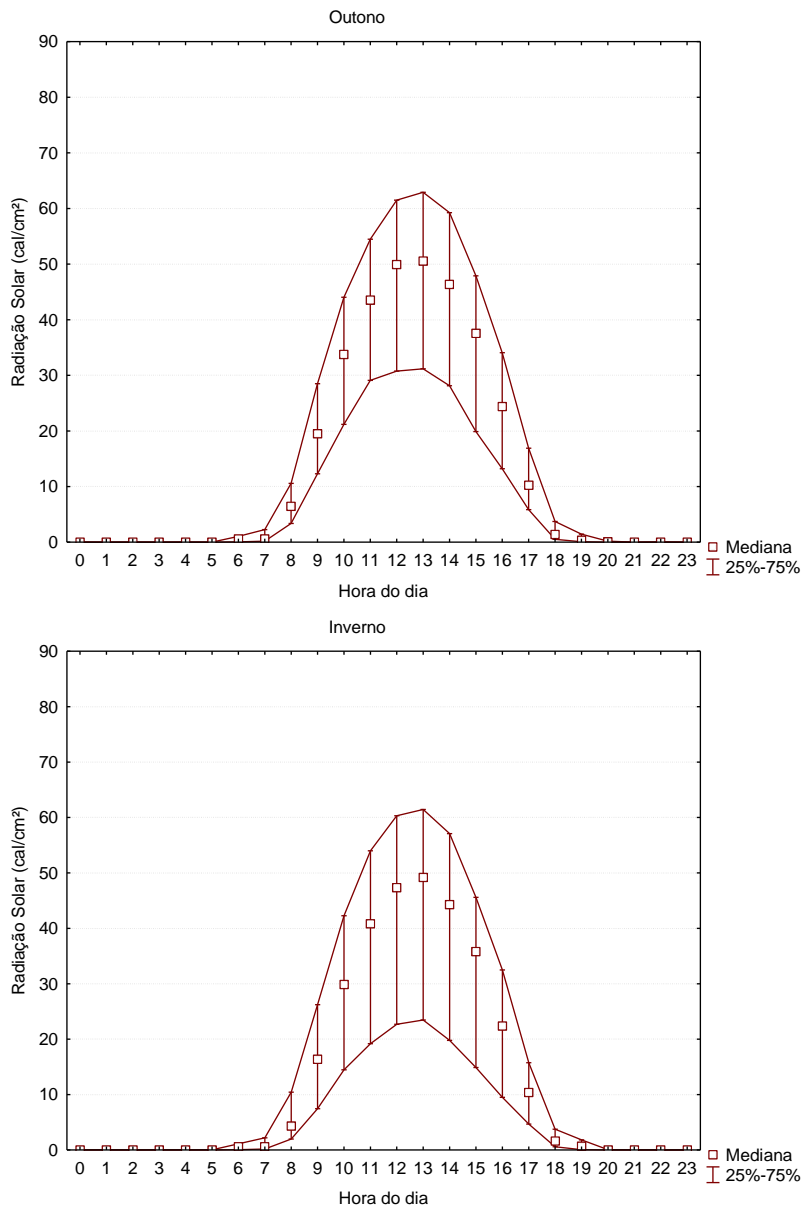
Para verificar a influência das estações anuais, os dados de radiação foram agrupados em primavera (de 23 de setembro a 21 de dezembro), verão (de 21 de dezembro a 21 de março), outono (de 21 de março a 21 de junho) e inverno (de 21 de junho a 23 de setembro). As Figuras 16 e 17 apresentam esses dados.

Figura 16 – Gráficos de radiação solar horária durante a primavera (acima) e verão (abaixo).



Fonte: EPAGRI/CIRAM. Organizado pelo autor.

Figura 17 – Gráficos da radiação solar horária durante o outono (acima) e inverno (abaixo).



Fonte: EPAGRI/CIRAM. Organizado pelo autor.

O verão apresentou os maiores valores médios de radiação solar. Durante às 13h a média foi de 58,7 cal/cm². Já durante o inverno a maior média foi observada no horário das 13h, com valor de 44,3 cal/cm². A grande variação horária observada se dá pela variação das condições atmosféricas, como nebulosidade ou presença de material particulado no ar, as quais interferem diretamente na radiação solar incidente na superfície. Já a detecção de maior número de pontos isolados e/ou extremos às 7h e 8h, ou seja, no início do dia, e às 17h, 18h, e 19h, no final do dia, se dá pela variação do tamanho do dia (horas de sol) ao longo do ano.

A Tabela 10 apresenta os resumos descritivos das estatísticas observadas de radiação solar. Diferentemente do valor médio que teve, no verão, a maior média, o valor máximo foi registrado na primavera, quando atingiu 99,78 cal/cm².

Tabela 10 – Estatísticas descritivas dos dados de radiação solar em cal/cm², com o número de dados observados (N), média (Méd), mediana (Mdn), mínimo (Mín), máximo (Máx) e desvio padrão (d.p.), onde P = primavera, V = verão, O = outono e I = inverno.

	N	Méd	Mdn	Mín	Máx	D.P.
P	8281	28,2	19,9	0,0	99,8	26,3
V	7730	30,5	23,9	0,0	96,5	26,8
O	6779	26,2	20,7	0,0	93,8	22,9
I	7354	24,1	16,4	0,0	91,5	22,6

Fonte: EPAGRI/CIRAM. Organizado pelo autor.

4.4 TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA

Poucos foram os dados encontrados de profundidade do disco de Secchi Zs, porem os valores levantados na bibliografia consultada mostra valor médio igual a 1,6 metros. O valor máximo encontrado chegou a 3 metros enquanto o mínimo encontrado durante as campanhas de medição foi de 1,1 metro de visibilidade do disco através da superfície.

Ainda, o valor mais frequente encontrado entre os dados levantados foi 1,5 metros.

4.5 TAXA DE DECAIMENTO BACTERIANO E T_{90}

4.5.1 Simulações e cenários testados

Para realizar a análise da taxa de decaimento bacteriano foram feitas quatro simulações distintas, permitindo analisar separadamente o efeito dos parâmetros influentes no decaimento das bactérias (Quadro 5). As simulações foram denominadas: S1, que analisou o efeito da radiação solar para as épocas do ano; S2, que analisou a variação da temperatura e salinidade de acordo com as massas de água identificadas na baía; S3 que analisou a transparência da água através do coeficiente de extinção vertical da luz; e S4, que verificou a influencia da profundidade na taxa de decaimento; sendo que cada uma das simulações gerou diferentes cenários encontrados na baía sul.

Quadro 5 – Simulações e cenários testados

	S1	S2	S3	S4
Variável analisada	Radiação solar	Salinidade e Temperatura	Coeficiente de extinção vertical da luz	Profundidade
Cenários	Estações do ano: C1 (Verão) C2 (Inverno)	Massas de água: C3 (AC); C4 (ACAS); C5 (AT)	Transparência: C6 ($Z_s = 1\text{m}$); C7 ($Z_s = 2\text{m}$); C8 ($Z_s = 3\text{m}$);	Ambientes na baía sul: C9 ($H = 1\text{m}$); C10 ($H = 2\text{m}$)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a Simulação 1 (S1) variou-se os valores de radiação solar média horária distintivamente para o verão e inverno. Os parâmetros salinidade, temperatura e transparência utilizados em S1 foram os valores mais frequentes na série de dados levantados. A profundidade foi fixada em 5 metros, permitindo observar com maior clareza o efeito da radiação em profundidades médias encontradas na baía. O Quadro 6 sintetiza os valores utilizados na Simulação 1. Dessa forma, foram criados dois cenários diferentes como resultado da simulação, sendo eles: o Cenário 1 (C1 – Cenário de Referência) dos valores mais frequentes de salinidade, temperatura e transparência da água, a uma profundidade de 5 metros, em uma situação de verão; e o Cenário 2 (C2) dos valores mais frequentes de salinidade, temperatura e transparência

da água, a uma profundidade de 5 metros, em uma situação de inverno. A Tabela 11 apresenta os valores de radiação solar média para cada hora do dia nas situações de verão e inverno. Destaca-se que o Cenário 1 foi tido como Cenário de Referência, com as condições mais frequentemente observadas para todos os fatores e durante o verão.

Quadro 6 – Valores utilizados na Simulação 1, resultando nos Cenários 1 (C1 – Cenário de Referência) e 2 (C2).

Simulação 1		
Variável	C1	C2
Radiação Solar (cal/cm ²)	Verão	Inverno
Salinidade (PSU)	34,5	34,5
Temperatura (°C)	20,5	20,5
Transparência (m)	1,5	1,5
Profundidade (m)	5,0	5,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 11 – Valores médios horários da radiação solar utilizados nas simulações.

Radiação solar média (cal/cm²)		
Hora	Verão	Inverno
00:00	0,0	0,0
01:00	0,0	0,0
02:00	0,0	0,0
03:00	0,0	0,0
04:00	0,0	0,0
05:00	0,0	0,0
06:00	0,6	0,7
07:00	4,8	2,7
08:00	15,1	7,8
09:00	28,5	19,1
10:00	41,3	30,1
11:00	51,6	38,4
12:00	57,7	43,2
13:00	58,7	44,3
14:00	54,2	40,2
15:00	44,8	32,7
16:00	33,1	23,0
17:00	19,8	11,9
18:00	8,6	3,2
19:00	2,3	1,3
20:00	0,1	0,1
21:00	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a Simulação 2 (S2) variou-se os valores de salinidade e temperatura da água, de acordo com os padrões das massas de água identificadas na baía sul. A radiação solar média horária, adotada para esta simulação, foi a encontrada no verão. O parâmetro transparência utilizado em S2 foi o valor mais frequente na série de dados levantados e a profundidade foi fixada em 5 metros. O Quadro 7 sintetiza os valores utilizados na Simulação 2. Dessa forma, foram criados três cenários diferentes como resultado da simulação, sendo eles: o Cenário 3 (C3) com a presença de Água Costeira (AC), com o valor mais frequente encontrado de transparência da água, a uma profundidade de 5 metros, em uma situação de verão; o Cenário 4 (C4) com a presença de Água

Central do Atlântico Sul (ACAS), com o valor mais frequente encontrado de transparência da água, a uma profundidade de 5 metros, em uma situação de verão; e o Cenário 5 (C5) com a presença de Água Tropical (AT), com o valor mais frequente encontrado de transparência da água, a uma profundidade de 5 metros, em uma situação de verão

Quadro 7 – Valores utilizados na Simulação 2, resultando nos Cenários 3 (C3), 4 (C4) e 5 (C5).

Simulação 2			
Variável	C3 (AC)	C4 (ACAS)	C5 (AT)
Radiação Solar (cal/cm ²)	Verão	Verão	Verão
Salinidade (PSU)	34,5	35,0	36,5
Temperatura (°C)	22,0	18,0	24,0
Transparência (m)	1,5	1,5	1,5
Profundidade (m)	5,0	5,0	5,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a Simulação 3 (S3) variou-se a transparência da água através dos valores de profundidade do disco de Secchi e de acordo com as faixas de valores encontradas para este parâmetro na baía sul. A radiação solar média horária para esta simulação foi a encontrada no verão. Os parâmetros salinidade e temperatura da água utilizados em S3 foram os valores mais frequentes na série de dados levantados e a profundidade foi fixada em 5 metros. O Quadro 8 sintetiza os valores utilizados na Simulação 3. Dessa forma, foram criados três cenários diferentes como resultado da simulação, sendo eles: o Cenário 6 (C6) de transparência da água igual a 1 metro e dos valores mais frequentes de salinidade e temperatura, a uma profundidade de 5 metros e em uma situação de verão; o Cenário 7 (C7) de transparência da água igual a 2 metros e dos valores mais frequentes de salinidade e temperatura, a uma profundidade de 5 metros, em uma situação de verão; e o Cenário 8 (C8) de transparência da água igual a 3 metros e dos valores mais frequentes de salinidade e temperatura, a uma profundidade de 5 metros, em uma situação de verão.

Quadro 8 – Valores utilizados na Simulação 3, resultando nos Cenários 6 (C6), 7 (C7) e 8 (C8).

Simulação 3			
Variável	C6	C7	C8
Radiação Solar (cal/cm²)	Verão	Verão	Verão
Salinidade (PSU)	34,5	34,5	34,5
Temperatura (°C)	20,5	20,5	20,5
Transparência (m)	1,0	2,0	3,0
Profundidade (m)	5,0	5,0	5,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a Simulação 4 (S4) variou-se os valores de profundidade, de acordo com diferentes ambientes encontrados na baía sul. A radiação solar média horária para esta simulação foi a encontrada no verão. Os parâmetros salinidade, temperatura e transparência da água utilizados em S4 foram os valores mais frequentes na série de dados levantados. O Quadro 9 sintetiza os valores utilizados na Simulação 4. Dessa forma, foram criados dois cenários diferentes como resultado da simulação, sendo eles: o Cenário 9 (C9) a uma profundidade de 1 metro com os valores mais frequentes de salinidade, temperatura e transparência, em uma situação de verão; e o Cenário 10 (C10) a uma profundidade de 2 metros, com os valores mais frequentes de salinidade, temperatura e transparência, em uma situação de verão.

Quadro 9 – Valores utilizados na Simulação 4, resultando nos Cenários 9 (C9) e 10 (C10).

Simulação 4		
Variável	C9	C10
Radiação Solar (cal/cm²)	Verão	Verão
Salinidade (PSU)	34,5	34,5
Temperatura (°C)	20,5	20,5
Transparência (m)	1,5	1,5
Profundidade (m)	1,0	2,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

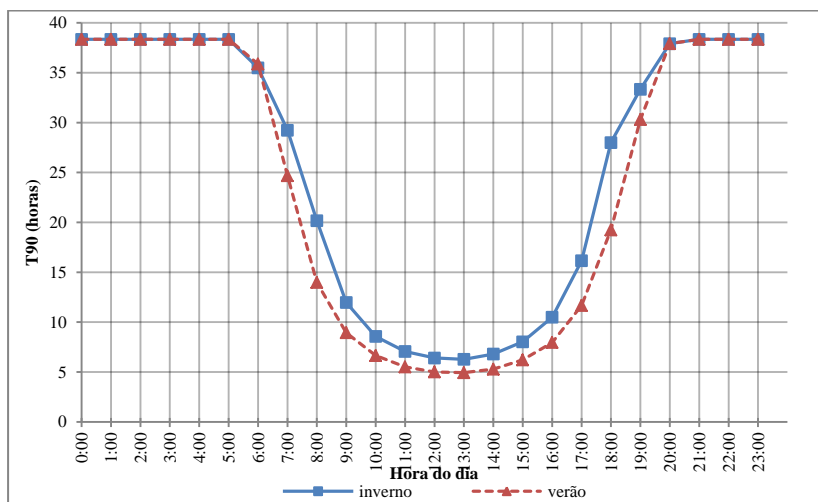
4.5.2 Resultados das simulações

Os resultados obtidos com as simulações foram a estimativa da taxa de decaimento bacteriano e o T_{90} para cada cenário, variando em função das particularidades de cada simulação. Em S1 a variação foi em função das épocas do ano, visto que a radiação incidente para cada uma destas é diferente. Em S2 a variação foi em função das massas de água encontradas na baía sul pela análise dos dados de salinidade e temperatura. S3 foi a análise da variação da transparência da água, modificando a penetração de luz e S4 foi a variação da profundidade, marcada pela alteração da extinção da luz. Dessa forma, obtiveram-se os seguintes resultados, apresentados na forma do T_{90} .

• Simulação 1

Pela Simulação 1, o comportamento do parâmetro T_{90} ao longo do dia, mostrou a forte influência que a radiação solar exerce sobre a taxa de decaimento (Figura 18).

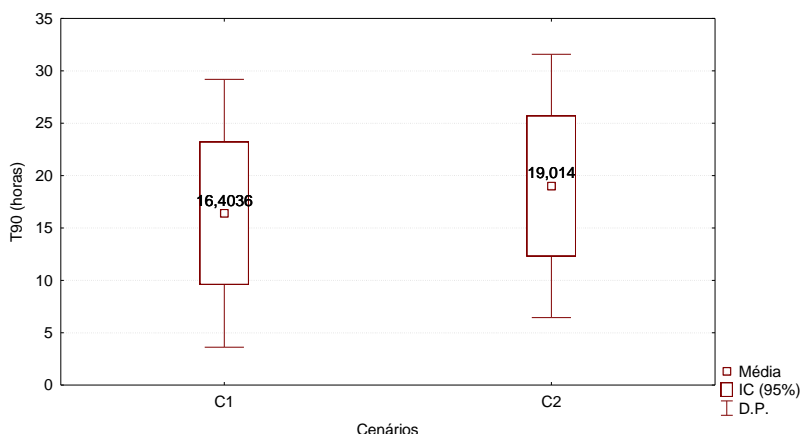
Figura 18 – Gráfico do comportamento do T_{90} durante o dia para verão (C1) e inverno (2)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante a noite os valores mantiveram-se estáveis e iguais para o verão e inverno, na casa das 38,4 horas. Durante o período de iluminação solar, os valores de T_{90} no verão apresentaram-se sempre menores do que os valores no inverno, o que significa que o tempo de desaparecimento de 90% de uma população inicial de bactérias durante o dia é sempre menor no verão do que no inverno, observando, exclusivamente, a radiação solar incidente. O T_{90} atingiu seu valor mínimo às 13h para ambas as situações, representando 4,9 horas no verão e 6,3 horas no inverno. Em média, o T_{90} diurno é 2,6 horas, 19%, maior no inverno (C2) do que no verão (C1), como mostra a Figura 19.

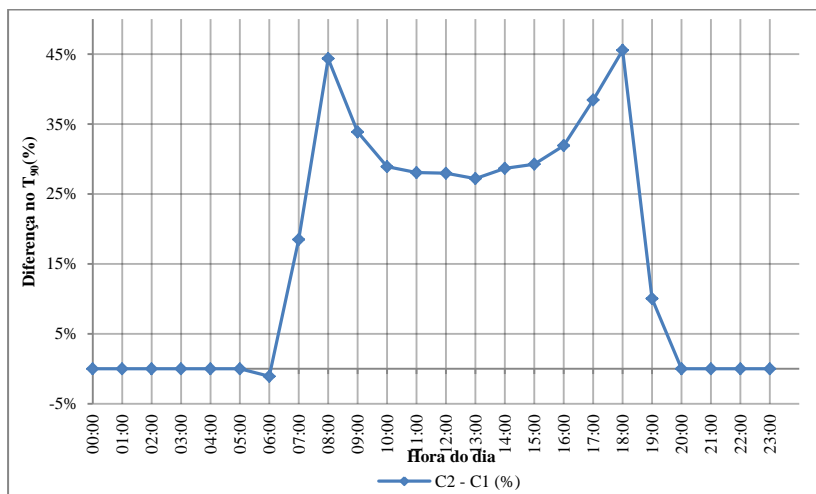
Figura 19 – T_{90} médio do período com sol para o verão (C1) e inverno (C2).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Comparando cada hora do dia de C2 com o C1 (cenário de referência), observa-se que o inverno chega a apresentar um T_{90} 45% maior que o T_{90} do verão às 08h e às 18h, horários em que a radiação tem uma grande variação ao longo do ano. A Figura 20 mostra os valores percentuais da diferença entre os valores de inverno e de verão para cada hora do dia.

Figura 20 – Diferença percentual entre T₉₀ do inverno e verão ao longo do dia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

• Simulação 2

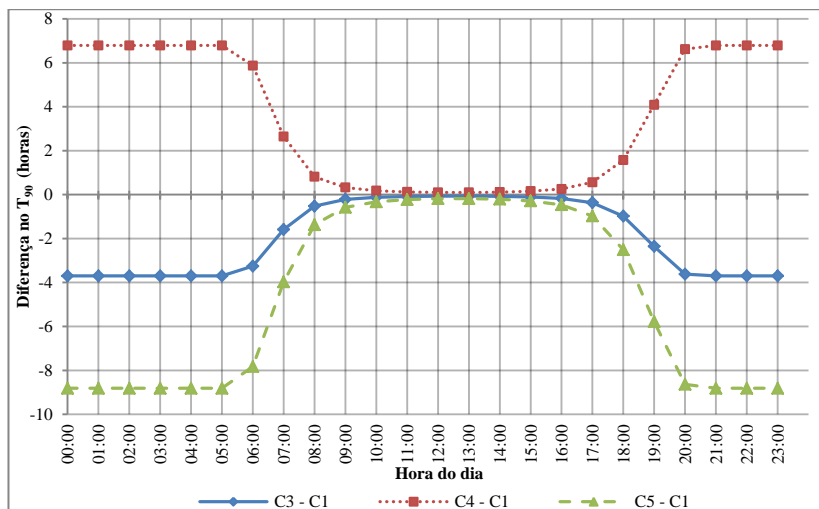
Pela Simulação 2, onde variou-se os padrões de temperatura e salinidade de acordo com as massas de água identificadas na baía sul, observou-se que o padrão de Água Tropical (AT) apresenta os menores valores de T₉₀ em relação com as outras massas de água. Isso se dá devido à característica mais salina e mais quente desta massa do que a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e a Água Costeira (AC).

A diferenciação do T₉₀ pela massa de água presente, ou seja, pelos padrões de salinidade e temperatura, é significativa para valores noturnos. Durante estes períodos, sem radiação solar, a AT apresentou um T₉₀ de 29,5 horas, enquanto a ACAS apresentou T₉₀ de 45,1 horas e a AC apresentou T₉₀ de 34,6 horas. Por outro lado, o efeito das massas de água quase não é sentido pelo parâmetro T₉₀ durante os horários de pico da radiação solar, entre 09h e 16h, uma vez que os valores se aproximam entre si e também comparados com o cenário de referência (C1).

Comparando com o C1, a presença de ACAS (C4) na baía sul pode elevar em até 6,8 horas o T₉₀ noturno. Já a AT (C5) e a AC (C3) diminuem, respectivamente, até 8,8 horas e 3,7 horas o T₉₀ encontrado

durante a noite. A Figura 21 mostra esta comparação entre cada cenário de massa de água e o cenário de referência (C1).

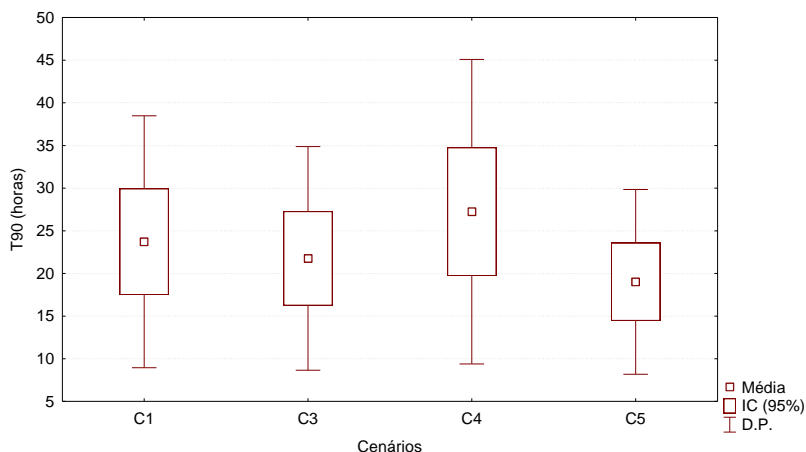
Figura 21 – Diferença, em horas, entre cada cenário de massa de água e o cenário de referência.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta simulação, o período noturno teve maior influência no T_{90} médio diário do que o período diurno, pois neste período os T_{90} tendem a se aproximar entre si. A Figura 22 apresenta o T_{90} médio ao longo de 24 horas para cada massa de água e para C1.

Figura 22 – T_{90} médio diário para cada cenário de massa de água e para o cenário de referência.



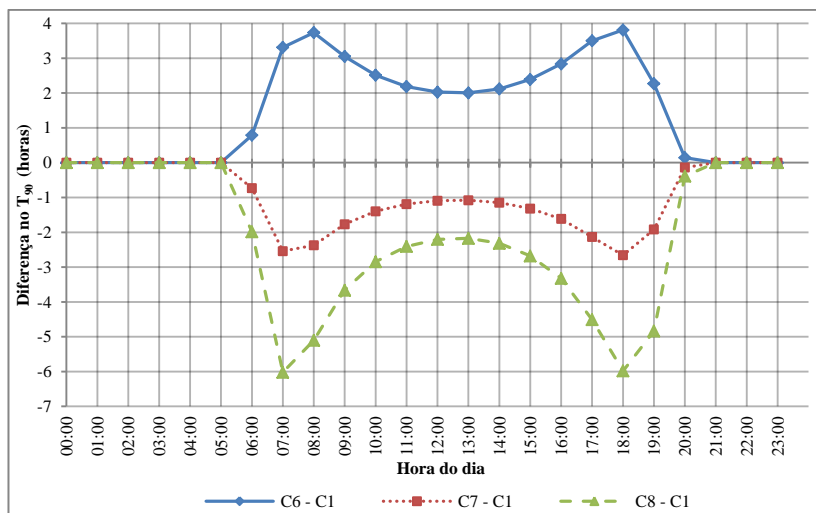
Fonte: Elaborado pelo autor.

• Simulação 3

Pela Simulação 3, onde foi variada a transparência da água entre as faixas de valores encontradas na baía sul através do coeficiente de atenuação vertical da luz, observou-se que com o aumento da transparência, ou seja, com a diminuição do coeficiente de extinção da luz, o valor de T_{90} sofre uma significativa redução durante o período diurno, devido a facilidade de penetração da luz ao longo da coluna d'água.

Com a transparência da água igual a 1 metro (C6), indicada pela medição da profundidade do disco de Secchi, o valor mínimo encontrado para o T_{90} foi de 6,9 horas às 13h, ou seja, 2 horas acima se comparado com o mesmo horário do cenário de referência. Entretanto as maiores diferenças foram observadas no começo e no final do período com luz, às 07h e às 18h, para todos os cenários desta simulação. Às 18h de C6, o valor de T_{90} foi 3,8 horas maior do que o T_{90} no mesmo horário do cenário de referência (C1). A Figura 23 mostra as diferenças, em horas, dos três cenários criados nesta simulação em relação ao cenário de referência.

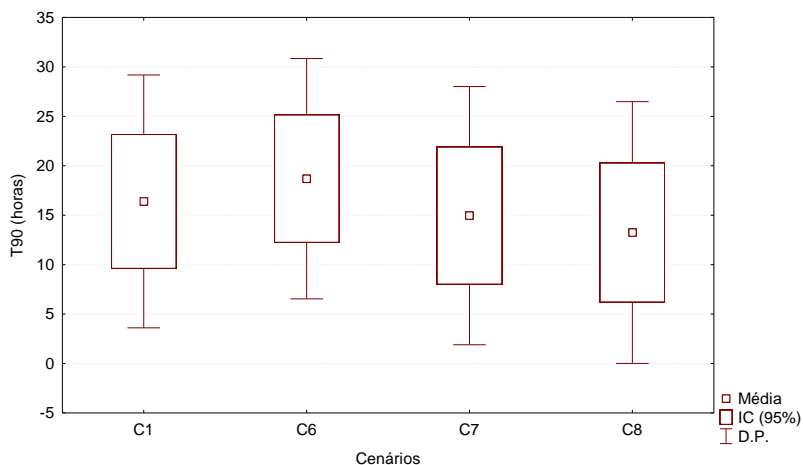
Figura 23 – Diferença, em horas, entre cada cenário de transparência da água e o cenário de referência.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se pela Figura 23, acima, que para o C7 e C8, o T_{90} foi sempre menor ao longo do dia, uma vez que a transparência adotada para estes cenários foi maior do que para C1. No máximo, o T_{90} diminuiu 2,7 horas para o C7 e 6 horas para o C8 às 18h do dia para ambos os casos. Os valores médios de T_{90} para o período diurno são apresentados na Figura 24, a fim de comparação com o cenário de referência.

Figura 24 – T_{90} médio do período diurno para cada cenário de transparência da água e para C1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

• Simulação 4

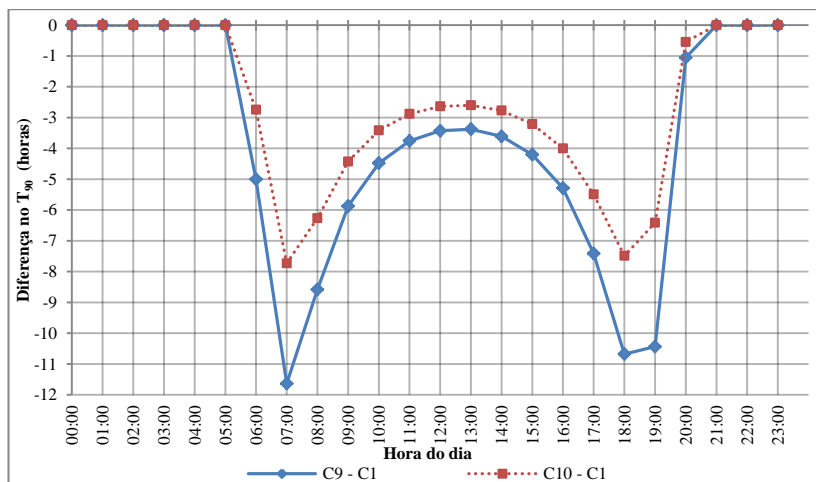
A Simulação 4 mostrou o efeito da profundidade no decaimento bacteriano. Foram testadas duas profundidade menores do que o cenário de referência, apresentando, dessa forma, possíveis cenários da zona de contato primário com banhistas.

O T_{90} é significativamente menor com a diminuição da profundidade da coluna d'água testada. A um metro de profundidade a diferença chega à 11,6 horas às 07h. Durante os horários de pico, apesar dos valores se aproximarem, a diferença continua significativa na faixa de 3,4 horas a menos de T_{90} em relação ao cenário de referência. A dois metros, a diferença é menor, mas ainda considerável. Nos horários de início e final do período solar do dia, a diferença pode chegar até 7,7 horas. Próximo ao meio dia essa diferença cai para 2,8 horas.

Os valores de T_{90} para o C9 ($H = 1$ m) chegaram a 1,5 horas às 13h e para o C10 ($H = 2$ m) o mínimo foi de 2,3 horas, no mesmo horário. Para efeito de comparação, o valor mínimo do T_{90} em C1 ($H = 5$ m), tido como cenário de referência, foi de 4,9 horas, ou seja, em C9 o valor mínimo foi 70% menor e em C10 foi 53% menor do que em C1. A

Figura 25 mostra a diferença, em horas, dos cenários obtidos com a Simulação 4 em relação ao Cenário 1.

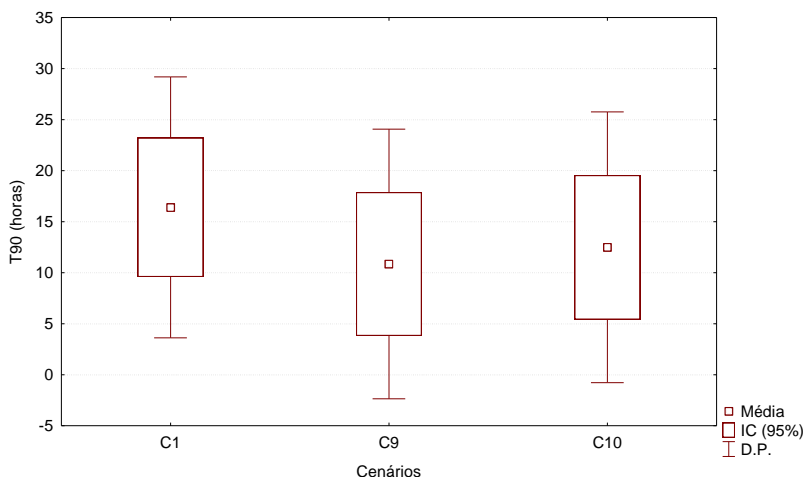
Figura 25 – Diferença, em horas, entre cada cenário de profundidade e o cenário de referência.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores médios ao longo período com luz também variaram significativamente com a diminuição da profundidade. Em C9 o T_{90} médio diurno foi de 10,8 horas e em C10 foi de 12,5 horas, enquanto o valor médio do cenário de referência foi de 16,4 horas. A Figura 26 apresenta estes dados.

Figura 26 – T_{90} médio do período diurno dos cenários C9 e C10 e do cenário de referência (C1).



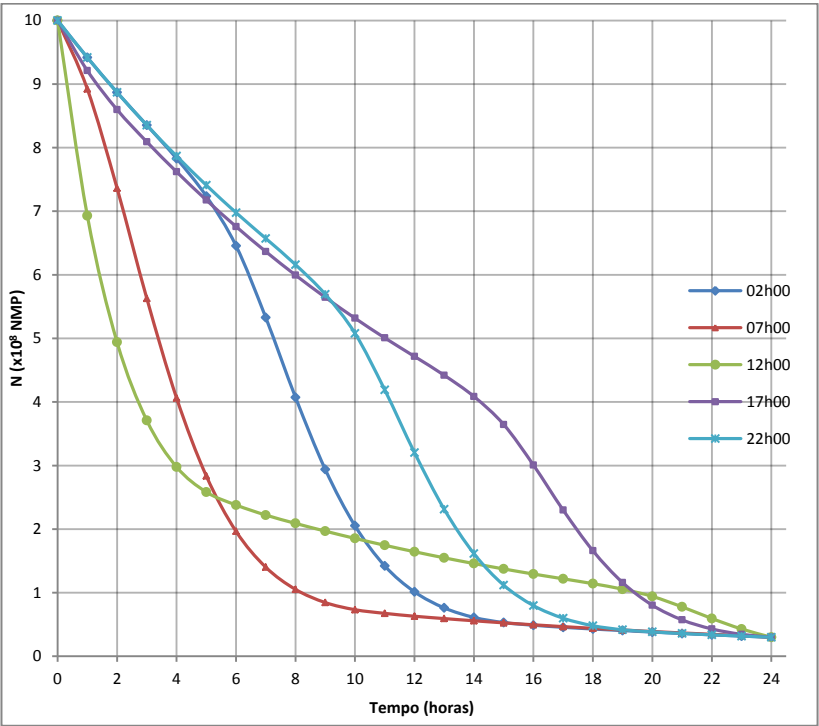
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6 ANÁLISE DO NÚMERO DE COLIFORMES AO LONGO DO DIA

Com esta análise, objetivou-se estimar o número de coliformes (N) ao longo de 24 horas, variando o horário de um possível lançamento na baía sul. Para isto, foi tomado como base as taxas de decaimento encontradas no Cenário 1 (C1). A variação foi feita avaliando cinco horários diferentes de lançamento, representando dessa forma lançamentos no início do dia (02h00), no início da manhã (07h00), ao meio dia (12h00), no final da tarde (17h00) e no início da noite (22h00). A quantidade inicial foi a concentração de coliformes em 100 ml de esgoto doméstico, ou seja, 10^8 organismos (Figura 27).

Nota-se que o lançamento de bactérias próximo ao meio dia tem o decaimento mais rápido inicialmente, porém é o último, entre os horários de lançamento testados, a atingir o decaimento de 90% da população inicial de bactérias lançada, após 20 horas. O lançamento no início da manhã (07h00) é o primeiro a atingir este desaparecimento de 90% das bactérias após 8 horas do lançamento (Figura 27).

Figura 27 – Curva de decaimento bacteriano no Cenário 1 para cada período do dia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu realizar a estimativa da taxa de decaimento bacteriano na Baía Sul de Florianópolis considerando as variações ambientais encontradas na região.

Os dados históricos de radiação solar evidenciaram o comportamento deste parâmetro ao longo do ano, com invernos com menos incidência de radiação em relação aos verões. A média, respectivamente, foi de 24,1 cal/cm² e 30,5 cal/cm², com uma grande variação, principalmente, nos momentos iniciais e finais do período de luz solar.

As medições de temperatura e salinidade permitiram relacionar as massas de água presentes na baía durante a medição. Na maior parte das medições foi encontrado padrões característicos de Água Costeira (AC), o que significa que esta é a massa mais presente na baía. Além dela, foram identificadas características de Água Tropical (AT), com temperatura e salinidade elevadas, e de Água Central do Atlântico Sul (ACAS), com baixa temperatura e alta salinidade. A massa de água presente na baía, através de seus padrões termohalinos tem influência significativa no decaimento bacteriano durante o período noturno, principalmente.

A salinidade apresentou variação de 8,9 PSU, sendo encontrado valores entre 26,1 e 35,0 PSU. A amplitude térmica foi de 10,9 °C, com a temperatura da água variando entre 17,1 e 28,0 °C. O valores mais frequentemente encontrados no banco de dados levantado, de salinidade e temperatura foram, respectivamente, 34,5 PSU e 20,5 °C.

A transparência de água, apesar dos poucos dados levantados na literatura, revelou diferentes faixas de valores. Foram encontrados valores variando entre 1 e 3 metros de profundidade do disco de Secchi, objeto padrão utilizado para determinação do coeficiente de extinção da luz na água. O valor mais frequentemente encontrado de profundidade do disco de Secchi foi 1,5 metros.

O vento e a precipitação, tanto de dois, quanto de sete dias antecedentes às coletas, não influenciaram nos parâmetros temperatura e salinidade da água da baía. A princípio, esperava-se encontrar relação entre vento e a entrada de água oceânica no canal da baía (aumentando a salinidade) e entre precipitação e aumento da influência de água doce na água (diminuindo a salinidade).

Os cenários criados neste trabalho para estimar a taxa de decaimento bacteriano abrangeram 10 condições distintas que ocorrem na baía sul. Desta forma, todos os parâmetros influentes no T₉₀ foram

analisados individualmente, através da variação de cada um deles, verificando suas interferências na mortalidade das bactérias. Ainda, o cenário das condições oceanográficas (salinidade, temperatura e transparência) mais frequentemente observadas entre os dados, foi tido como cenário de referência para comparação com outros resultados.

O T_{90} é, em média, 19% maior nas condições de radiação solar do inverno em relação às condições de verão, porém esta variação chega à até 45% em alguns horários do dia, devido à radiação solar.

Em relação à salinidade e temperatura o T_{90} apresentou maiores valores quando os padrões são os característicos de ACAS, enquanto na presença de AT os valores foram menores, inclusive se relacionados com o cenário das condições mais frequentes. Estas diferenças são observadas no período noturno com mais intensidade, pois durante o dia a radiação solar exerce maior influência sobre o decaimento bacteriano, conforme foi observado nos resultados. Na presença de ACAS o T_{90} noturno foi de 45,1 horas (6,8 horas maior do que no cenário de referência). Para AC o valor do T_{90} noturno encontrado foi de 34,6 horas (3,7 horas menor do que nas condições mais frequentes da baía) e para AT o T_{90} noturno foi de 29,5 horas (8,8 horas menor do que no cenário de referência).

As diferentes condições de transparência da água apresentaram maiores diferenças no T_{90} durante o período diurno, principalmente no início e fim de dia. Em média, o T_{90} para a água menos transparente, com profundidade do disco de Secchi Z_s igual a 1 metro, é 1 hora maior do que o T_{90} do cenário mais frequente de transparência da baía sul. Para Z_s igual a 2 metros o T_{90} é 1,6 hora menor e para Z_s igual a 3 metros a diferença é de 3,2 horas a menos do que no cenário de referência.

A profundidade da água em que é estimada a taxa de decaimento bacteriano influi significativamente nos valores encontrados. Foram encontrados a um e dois metros de profundidade, onde se dá o contato primário de banhistas com a água, valores de T_{90} 11,6 e 7,7 horas menores do que no cenário de referência. Em média, durante o período de sol, a diferença do T_{90} foi de 5,6 e 3,9 horas a menos, respectivamente, a um e dois metros de profundidade relacionados com o cenário de referência (5 metros).

As diferentes condições de lançamento simuladas mostrou que o lançamento feito às 7h do dia, alcança decaimento de 90% da população de bactérias lançada em oito horas, enquanto o lançamento às 12h, período do dia de máxima radiação solar, alcança o mesmo resultado após vinte horas.

O modelo de Mancini, amplamente utilizado para estudos de modelagem da pluma de emissários submarinos, apresentou resultados satisfatórios e condizentes se comparados com outras taxas de decaimento bacteriano encontradas em outras regiões. Vale lembrar que a equação resulta em uma taxa com certa segurança em relação às condições reais no ambiente, superestimando o resultado. O modelo se apresentou como uma ferramenta importante e acessível na análise do comportamento da vida das bactérias no ambiente, possibilitando a análise de diversos cenários e a comparação das variáveis com os diferentes resultados obtidos.

6 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se, para futuros trabalhos, a utilização de séries históricas maiores para os dados de temperatura e salinidade, a fim de se obter valores médios e mais frequentes ainda mais seguros destes parâmetros. Os dados utilizados neste trabalho são dados resultantes de medições pontuais por diferentes autores, com espaço de tempo relativamente longo entre cada medição, e em diferentes pontos geográficos da baía. Dessa forma, para este estudo, não houve uma sistematização dos pontos amostrais nem da sequência temporal das coletas. Ressalta-se que medições diárias de salinidade e medições horárias de temperatura, possibilitariam dados de entrada ainda mais consistentes para a estimativa da taxa de decaimento bacteriano.

Recomenda-se, com a utilização de uma série histórica de dados de salinidade e temperatura, o aprofundamento da investigação da relação entre vento e os parâmetros oceanográficos. A utilização de medições horárias de direção e intensidade do vento aumentaria a possibilidade de encontrar este relacionamento, bem como a relação entre vento e massas de água presentes na baía sul. Além disso, pode-se obter relação entre nível da água na baía (maré) e os padrões de salinidade da água.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUDO, E. A.; SANTOS, J. L. **Experimental Measurement of turbulent Diffusion, Initial Dilution and T90**. Wat. Sci. Tech. Vol 18, Nº11, pp. 131-140. CETESB, São Paulo, Brasil, 1986.

ALVES, T. P; SCHRAMM, M. A.; TAMANAHA M. S.; PROENÇA, L. A. O. **Implementação e Avaliação do Monitoramento de Algas Nocivas e de Ficotoxinas em um Cultivo de Moluscos em Florianópolis – Sc**. Revista Atlântica, Rio Grande. 32(1) 71-77, 2010.

ALVES JR, L. A. **Caracterização Hidrográfica da Baía de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C.; ARAÚJO, A. D. **Morfodinâmica Costeira: Subsídios À Ocupação**. In: Raquel R. B. Negrelle; Renato Eugenio de Lima. (Org.). Meio ambiente e desenvolvimento do litoral do Paraná: subsídios à ação. 1ed.Curitiba: NIMAD-UFPR, 2002, v. 1, p. 183-216.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS nº518**. Brasília, 2004.

BRAVO, J. M. & VICENTE, A. **Bacterial die-off from sewage discharged through submarine outfalls**. Water Science Technology, 25(9): 9-16. 1992

CARVALHO, J.L.B. **Modelagem e análise do lançamento de efluentes através de emissários submarinos**. 2003. 173 f. Tese de doutoramento, Departamento de engenharia Oceânica, COOPE/UFRJ, 2003.

CARVALHO, J. L. B., SCHETTINI, C.A.F. & RIBAS, T. M. **Estrutura Termohalina do Litoral Centro-Norte Catarinense**. Notas Técnicas da Facimar, Itajaí-SC, (2):181- 197, 1998.

CASTRO FILHO, B.M.C. & MIRANDA, L. B. **Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf located between 40° N and 34° S**. In: The Sea. John Wiley & Sons, Inc.. 11:209-251, 1998.

CHAMBERLIM, C. E. & MITCHELL, R., **A decay model for enteric bacteria in natural waters**. In: *Water Pollution Microbiology*. Edited by Ralph Mitchell. Willey-Intercience Publication. Vol. 2: 325-348. 1978

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 274**. 29 de novembro de 2000.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 357**. 17 de março de 2005.

DE OLIVEIRA, R.B. **Indicadores de Poluição e Taxionomia de Leveduras do Estuário do Rio Paraíba do Norte, João Pessoa – PB, Brasil**. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 1990

EMILSON, I. **The shelf and coastal waters of southern Brazil**. Boletim do Instituto Oceanográfico. São Paulo, 11(2):101-112, 1961.

FEITOSA, R. C. **Acoplamento de Modelos de Campo Próximo e Campo Afastado com Cinética de Decaimento Bacteriano Variável - Aplicações em Emissários subdmarinos**. Rio de Janeiro: Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 2007

GEOHIDRO. **Projeto Executivo do S. D. O E. Jaguaribe e Avaliação Operacional e Ambiental do Emissário do Rio vermelho – Relatório Final**, 1993.

HAGLER, A.N; MENDONÇA-HAGLER, L.C. **Microbiologia sanitária**. In ROITMAN, I; TRAVASSOS, L.R.; AZEVEDO, J.L. Tratado de microbiologia, Manole. São Paulo,Brasil. 1988.

HILLE, E., SCHETTINI, C. A. F & RIBEIRO, M. R. **Estrutura termohalina no litoral de Santa Catarina nos anos de 2005 e 2006**. In: Elisabete de Santis Braga. (Org.). Oceanografia e Mudanças Globais. 1ed.São Paulo: Editora da USP, 2008, v. 1, p. 371-382.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2013. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 23/05/2013.

LANDGRAF, M. **Microrganismos Indicadores**. In: Microbiologia de Alimentos. FRANCO, B.D.G.M. & LANDGRAF, M. (organizadores). São Paulo, Ed Ateneu, 142p. 2005.

MANCINI, J.L. **Numerical Estimates of Coliform Mortality Rates Under Various Conditions**. Journal Water Pollution Control Fed., v.50, n. 11, pp. 2477-2484. 1978

MENDONÇA, M. **Uma cidade numa Ilha. Florianópolis – SC**. Insular. 1995. 2ed.

MIOTTO, L. A. **Coliformes termotolerantes e *enterococcus sp* em ostras e águas salinas utilizadas para cultivo de moluscos bivalves da baía sul da Ilha de Santa Catarina-Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos. Florianópolis, 2009.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. São Paulo- SP. IBGE.1989.195-314p.

NOBLE, R.T., LEE, I.M., SCHIFF, K.C. **Inactivation of Indicator Microorganisms from Various Sources of Faecal Contamination in Seawater and Freshwater**, Journal of Applied Microbiology, v. 96, pp. 464-472. 2004

NUVOLARI, A. (coord). **Esgoto Sanitário – Coleta, Transporte, Tratamento e Reúso Agrícola**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (WHO). **Health-Based Monitoring of Recreational Waters: The Feasibility of a New Approach (The Annapolis Protocol)**. U.S. Environmental Prot. Agency. 1993

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (WHO) **Water Quality – Guidelines, Standards and Health: Assesment of Risk and Management for Water-Related Infectious Disease**. 2002.

PARIZOTTO, B. A. D. M. **Qualidade da água e distribuição espacial de foraminíferos bentônicos em estuários das baías norte e sul da**

ilha de santa catarina (brasil). Tese de doutorado. Programa de pós graduação em Geografia. Centro de Filosofia e Ciência Humanas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

PEREIRA M.D., SCHETTINI, C.A.F., OMACHI C.Y. **Caracterização de feições oceanográficas na plataforma de Santa Catarina através de imagens orbitais.** Revista Brasileira de Geofísica 27(1): 81-93. 2009

PIOLA, A.R., CAMPOS, E.J.D., MÖLLER, O.O., CHARO, M.& MARTINEZ, C.M.,. **Subtropical shelf front off eastern South América.** Journal of Geophysical Research. 105: 6566-7578. 2000

PIOLA, A.R., MATANO, R.P., PALMA, E., MÖLLER, O.O. & CAMPOS E.J.D.,. **The influence of the Plata river discharge on the western South Atlantic Shelf.** Geophysical Research Letters 32. 2005

RAMOS, R. J. **Vibrio sp. em ostras e águas de áreas de cultivo da baía sul de santa catarina: ocorrência, caracterização feno e genotípica, suscetibilidade antimicrobiana e depuração.** Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos. Florianópolis, 2012.

RIBEIRO, E. N.; **Avaliação de Indicadores Microbianos de Balneabilidade em Ambientes Costeiros de Vitória/ES.** Tese de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória/ES. 2002.

ROZEN, Y., BELKIN, S. **Survival of Enteric Bacteria in Seawater,** *FEMS Microbiology Reviews*, v. 725, pp. 1-17. 2004

SANTOS, A. A., NOVAES, A.L.T., SILVA, F.M, SOUZA, R.V., COSTA, S.W. **Síntese informativa da maricultura 2011.** EPAGRI/CEDAP. Florianópolis, 2012. Disponível em: http://cedap.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=140&Itemid=173. Acesso em 12/03/2013.

SCHETTINI, C. A. F.; PEREIRA, FO., J.; SPILLERE, L. **Caracterização oceanográfica e biogeoquímica dos estuários dos rios Tavares e Defuntos, Reserva Estrativista de Pirajubaé, Florianópolis, SC.** NOTAS TÉCNICAS DA FACIMAR. Itajaí – SC. 2000. V.4: 11-28p.

SILVA, L.F. **Identificacao de sub-ambientes na Baia Sul (SC) com base na analise de variaveis oceanografico-sedimentares.** 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal do Santa Catarina, Florianopolis, 2002.

SOUZA, R.V., NOVAES, A. L. T., SANTOS, A. A., RUPP, G. S., SILVA, F. M. **Controle Higiênico-sanitário de Moluscos Bivalves no Litoral de Santa Catarina.** Revista Panorâma da AQUICULTURA, nov, dez, pp. 54-59, 2009.

SOUZA-CONCEIÇÃO, J. M., RIBEIRO, M. R., CASTRO-SILVA, M. A. **Dinâmica populacional de *Cetengraulis edentulus* Cuvier na enseada do Saco dos Limões, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.** Revista Brasileira de Zoologia 22(4): 953-961, dezembro 2005.

ŠOLIĆ, M., KRSTULOVIĆ, N. **Separated and Combined Effectes of Solar Radiation, Temperature, Salinity and pH on the Survival of Faecal Coliforms in Seawater.** Marine Pollution Bulletin, v. 24, n. 8, pp. 411-416. 1992

TOPÁZIO, E. F. **Modelagem de pluma de Emissários com T90 variável na costa oceânica de Salvador, BA.** XIII, 129 p, 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Oceânica, 2003) Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2003.

TORTORA, G.J., FUNKE, B.R., CASE, C.L. **Microbiologia.** 6ed. Porto Alegre, Ed Artmed. 2000

TRUCCOLO, E. C. **Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul SC.** Dissestação de mestrado apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis-SC. 1998.

USEPA. **Ambient water quality criteria for bacteria.** United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C.1986 Disponível em: <<http://www.epa.gov/waterscience/beaches/files/1986crit.pdf>>. Acesso em: 25 nov 2012.

VASCONCELOS, L.R.C. **Modelagem numérica do campo próximo de um possível emissário submarino na praia dos Ingleses, Ilha de**

Santa Satarina (SC). Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. UFSC, Florianópolis - SC. 2011.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Ed. UFMG. Vol. 1, 2005

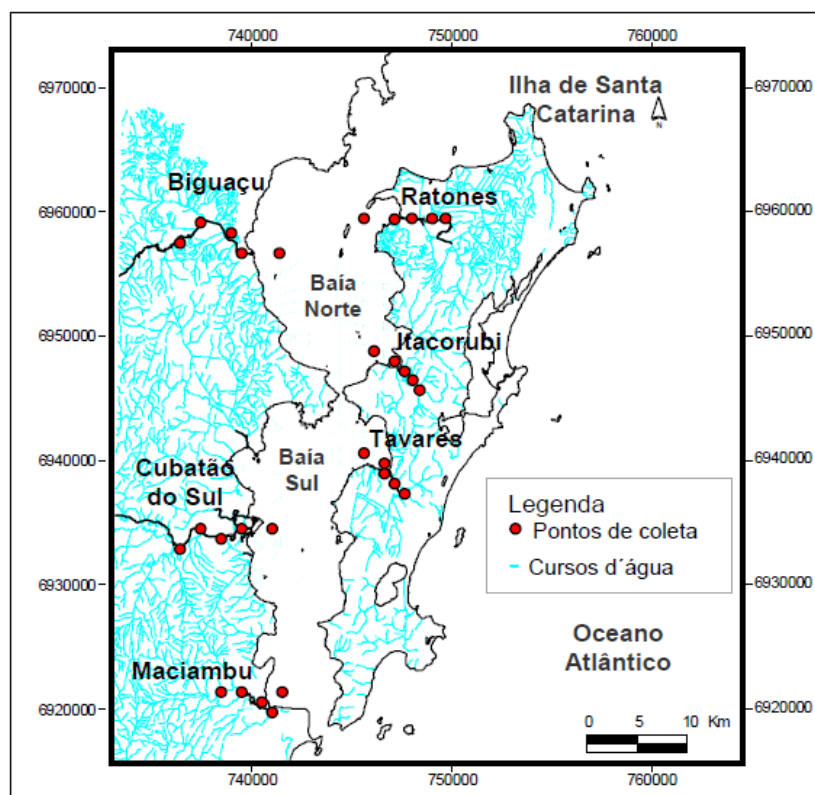
ANEXO A

Figura A1 – Localização dos pontos amostrais de salinidade e temperatura da água do trabalho de SOUZA-CONCEIÇÃO (2005).



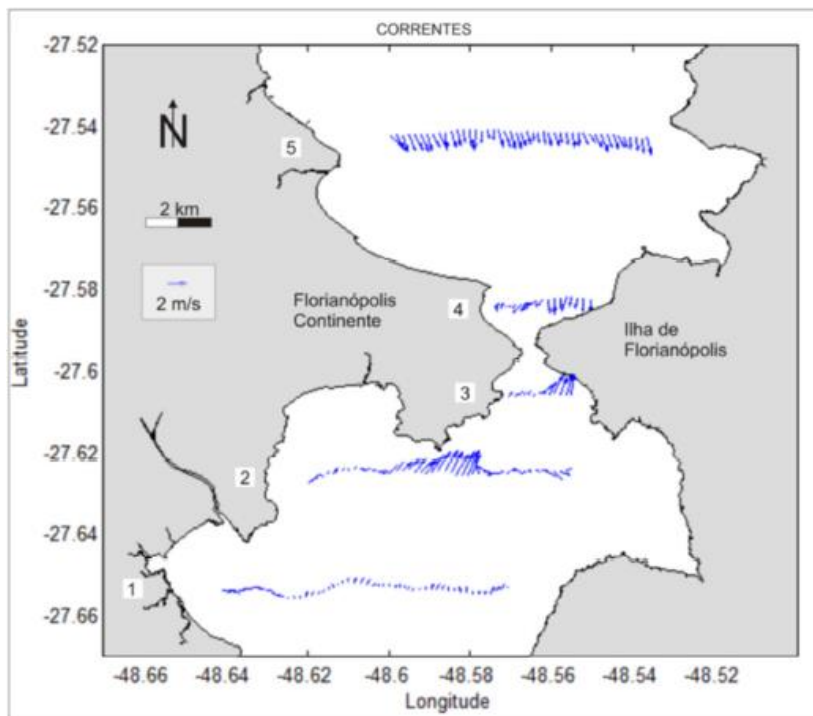
Fonte: SOUZA-CONCEIÇÃO, 2005.

Figura A2 – Localização dos pontos amostrais de salinidade e temperatura da água do trabalho de PARIZOTTO (2009).



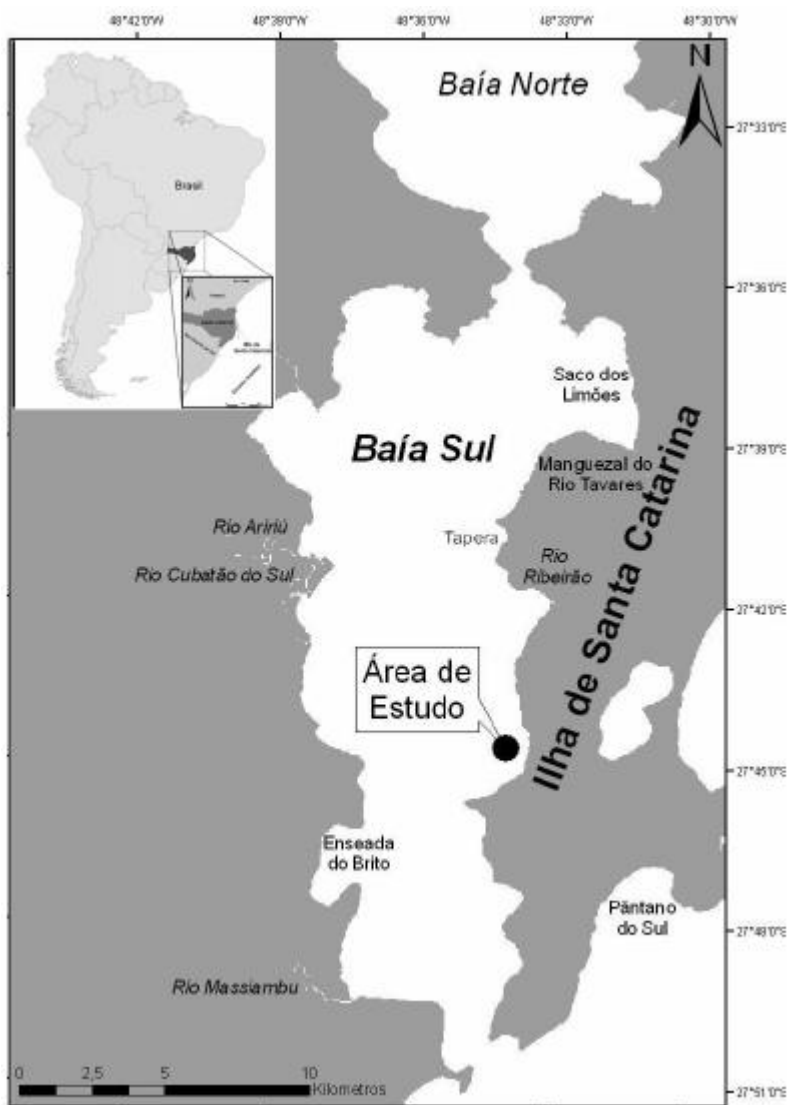
Fonte: PARIZOTTO (2009).

Figura A3 – Localização dos pontos amostrais de salinidade e temperatura da água do trabalho de ALVES JR. (2011).



Fonte: ALVES JR. (2011).

Figura A4 – Localização dos pontos amostrais de salinidade, temperatura e profundidade do disco de Secchi do trabalho de ALVES *et al* (2010).



Fonte: ALVES *et al* (2010).

Figura A5 – Localização dos pontos amostrais de profundidade do disco de Secchi do trabalho de MIOTTO (2009).



Fonte: MIOTTO (2009)